



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

(11) PI 1000573-0 B1

(22) Data do Depósito: 10/02/2010

(45) Data de Concessão: 15/05/2018



(54) Título: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

(51) Int.Cl.: B01J 19/00; C10B 21/12; C10B 29/00; C10B 53/00; C10J 1/00

(73) Titular(es): ENERGIA LIMPA DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS S/A

(72) Inventor(es): MAXIMILIANO BERNARDI; EVANDRO JOSÉ LOPES; MARCOS AURÉLIO WIPPRICH

“PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”

Setor Técnico da Invenção

[1] A presente invenção refere-se a “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, também chamado de processo de gaseificação, é composto por uma sequencia de operações que possibilitam a geração de uma mistura de gases combustíveis, a partir de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), utilizável em plantas industriais, produzindo energia térmica para as mais variadas aplicações, preservando os metais pesados e tóxicos presentes no RSU, ao contato com ambientes oxidativos e de altas temperaturas, ou seja, entre 1.000 e 1.400 °C, ocasionando volatilização e transformações químicas destes. Este processo efetivamente tem capacidade de eliminar este passivo ambiental.

O Estado da Técnica e seus problemas

[2] O estado da técnica apresenta processo de geração de combustível a partir de RSU. Em países europeus e nos Estados Unidos, existe uma técnica de gaseificação a partir da utilização de plasma aplicado diretamente ao RSU fazendo, desta forma, a combustão dos gases e inertização das cinzas, porém esta técnica apresenta elevado consumo de energia para a produção de plasma, assim como os custos de obtenção e manutenção do mesmo.

[3] Também faz parte do estado da técnica a incineração de RSU, onde todo o conteúdo energético juntamente com as cinzas, denominadas escórias do processo, passando pelas mesmas condições oxidativas e de temperatura, ou seja alta turbulência, excesso de ar de combustão e temperatura de processo acima da

temperatura de ignição de todos os componentes da mistura de combustíveis, normalmente acima de 900 °C, levando todo o conteúdo de metais voláteis e semi-voláteis as mesmas a passarem por transformações físico-química, indesejáveis tanto para o processo, principalmente nos trocadores de calor, assim como para o meio ambiente, produzindo dioxinas e furanos.

[4] Ainda no estado da técnica se apresenta a invenção WO2007/037768 intitulada, em tradução livre deste autor: Gaseificação de Resíduos Sólidos (do título original em língua inglesa *Solid Waste Gasefication*).

[5] A WO2007/037768 apresenta processo completo contemplando um conjunto de equipamentos com operações unitárias distintas, com funções distintas, cuja finalidade do conjunto é produzir calor ou energia elétrica a partir de resíduos.

[6] Como mostrado no fluxograma (FIGURA 1) da WO2007/037768 de todas as operações do conjunto de equipamentos, os resíduos antes de serem gaseificados são obrigatoriamente processados.

[7] No descritivo da WO2007/037768, em sua página 4, linha 10 se descreve em citação direta (tradução livre deste autor): “Um objetivo diferente da presente invenção é densificar e reduzir os resíduos para obtenção um material homogêneo”, o que não é objetivo e nem configuração técnica de componentes da presente invenção.

[8] Verifica-se no documento WO2007/037768 em suas páginas de 5 a 8 que para a gaseificação proposta neste documento se faz necessário várias etapas de preparação do material (Solid Waste Preparation) com processos de:

- a) recepção e pesagem dos resíduos (Waste Reception an Weighting);
- b) separação das fontes (Source Separation);
- c) picotagem (trituração) inicial (Primary Shredding);

- d) peneiramento rotativo (Sieving);
- e) secagem (Drying);
- f) picotagem (trituração) secundária (Secondary Shredding);
- g) briquetagem e/ou peletização (Briquetting and/or Pelleting);
- h) pesagem (Feeding Hopper Weighting);
- i) alimentação de combustível (Fuel Feeding).

[9] Note-se, especialmente e não somente, a página 7, linhas de 5 a 34 do referido documento de patente que apresenta uma fase de secagem anterior ao de queima e gaseificação dos resíduos.

[10] Para que no processo proposto na WO2007/037768 o material seja gaseificado, é necessário um pré-tratamento que consiste nas etapas de:

- a) trituração primária com finalidade de triturar os resíduos para que tenham um tamanho médio de 50 a 100 mm, pois o gaseificador da WO2007/037768 não possui capacidade de receber materiais com maior dimensão ou no estado bruto;
- b) *trommel* (peneira rotativa) onde os materiais com diâmetro médio inferior a 25 mm, presentes nesta etapa, são descartados (não poderão ser processados), o que inclui além do descrito de metais e vidros, também materiais orgânicos, tais como restos de alimentos (arroz, feijão, milho, etc.), e apresentam no caso de RSU, uma fração importante e significativa;
- c) secador de tambor rotativo com a finalidade de reduzir a umidade para cerca de 8 a 15%;
 - conforme tabela apresentada no descritivo da WO2007/037768, o modelo de gaseificador usado requer uma umidade máxima de 8 a 15%, muito diferente do processado no processo que ora requer patente, que admite até 55% de umidade, conforme a média real de umidade do RSU bruto produzido Brasil;

- também na descrição do processo de secagem, segundo a WO2007/037768, processos convencionais de gaseificação não admitem materiais úmidos por motivos de operação, tais como entupimento no abastecimento entre outros citados;
 - além do mais, o processo apresentado na WO2007/037768, a secagem consome energia térmica, que segundo ele pode ser o próprio “syngás produzido”, porém não indica consumo nem eficiência, o que pode comprometer a economicidade do processo;
 - a WO2007/037768 também não apresenta o tipo de queimador para o syngás, tampouco revela se a queima é perfeita tal que não necessite de um tratamento anterior ao seu descarte na atmosfera;
- d) triturador secundário, não necessário nem constando na presente invenção:
- mais uma operação do estado da técnica que se faz desnecessária no processo agora requerido, pois o processo apresentado na invenção WO2007/037768 necessita de granulometria máxima de 25 mm, pois é a única forma de briquetá-lo;
- e) briquetador e peletizador, não necessário nem constando na invenção que agora se requer registro:
- como descrito no documento WO2007/037768, briquetes e/ou pelotas (*pellets*) é a única forma de admissão do material derivado de resíduos, denominado Combustível Derivado de Resíduos (CDR), para isto mais um processo anterior à gaseificação é imposto na (WO2007/037768), sendo este responsável por garantir uma granulometria mede de 20 a 100 mm e densidade constante;

- a homogeneidade citada na WO2007/037768 se faz necessária pela forma construtiva do gaseificador vertical, o qual não dispõe de sistema de movimentação mecânica do material, este somente desce por gravidade até o fundo do reator, auxiliado apenas pela utilização de vibradores temporizados;
 - no caso do processo descrito na presente invenção a utilização de um conjunto de grelhas móveis em leito inclinado, sendo o conjunto de grelhas responsável em carregar os materiais (RSU bruto) com propriedades químicas e físicas diferentes, para câmara adjacentes, conforme vai se processando e alterando automaticamente suas características físicas;
 - o documento WO2007/037768 indica que a capacidade de briquetagem é de 30 a 40 kg/h, o que significa menos que um processo de laboratório, e um equipamento em escala industrial necessita produzir pelo menos 3.000 a 4.000 kg/h, ou seja, 100 vezes maior que o apresentado;
- f) gaseificador de resíduos sólidos:
- neste caso o processo dado no documento WO2007/037768 deveria ser mais adequadamente denominado de "Gaseificador de Briquetes ou *Pellets* produzidos a partir de Combustíveis Derivados de Resíduos (CDR)", por possuir características pré definidas, pois é o tipo de material admitido no gaseificador;
 - o gaseificador descrito na WO2007/037768 trata de um reator cilíndrico vertical, onde o material se processa em leito estático, com ajuste de altura do leito de resíduos por vibração, com abastecimento superior e retirada de rejeitos pelo fundo;
 - o abastecimento do gaseificador requerido na WO2007/037768 é controlado por válvula rotativa no topo do equipamento, e não

conta com movimentação mecânica do material a ser processado, sendo a única forma de fluxo por gravidade e desmonte de picos por sistema de vibradores temporizados;

- os controles de entrada de ar (agente gaseificante) e saída de gases Syngás) são necessários a todos os tipos de gaseificadores, pois são essenciais ao controle de processo, no caso do apresentado no WO2007/037768;
- na WO2007/037768 o abastecimento de resíduos utilizada válvula rotativa;
- no caso do descarte, não houve descrição na WO2007/037768;

g) tratamento de gases:

- no processo WO2007/037768 é descrito um complexo tratamento de gases, para que possa ser utilizado o gás produzido para produção de calor, este sistema complexo é composto por um Ciclone coletor (17), Reator catalítica a plasma (18), Filtros de depuração, precipitador eletrostático (22);
- todos estes equipamentos são necessário para o processo proposto na WO2007/037768 pelo fato de não haver no processo global apresentado um queimador especialmente projetado para este tipo de gás;
- conforme descritivo da WO2007/037768, em sua página 15, linha 25, há trocadores de calor na saída do gaseificador, com objetivo de redução da temperatura dos gaseificado prejudicando a eficiência térmica global do processo;
- com a utilização deste queimador logo na saída do gaseificador como requerido na presente invenção, a eficiência energética é favorecida por dispensar trocadores de calor, tal qual conforme descritivo da WO2007/037768, em sua página 15, linha 25,

sendo todo o calor produzido por reações exotérmicas do processo de gaseificação são desperdiçadas, e não aproveitada no processo de recuperação de energia como no caso da invenção que ora descrevemos;

- outro objetivo da invenção WO2007/037768 é desenvolver um processo complexo compreendendo o passo de preparação de matéria-prima, produção de gás de síntese (conhecido como Leangás ou Syngas), purificação de Syngas e geração de calor e energia para a minimização de resíduos sólidos municipais de forma ambiental.

[11] É também compreendido pelo estado da técnica a invenção US6948436 intitulada, em tradução livre deste autor, "Método e aparelho para a gaseificação e combustão de resíduos animais, resíduos humanos e/ou biomassa, utilizando uma grelha móvel sobre uma placa estacionária perfurada em uma câmara configurada" (do título original em língua inglesa "Method and apparatus for the gasification and combustion of animal waste, human waste, and/or biomass using a moving grate over a stationary perforated plate in a configured chamber").

[12] A invenção US6948436 apresenta processo de gaseificação em sistema de movimentação em esteira perfurada, acionada por roletes cilíndricos nas extremidades, que passam por arraste em uma placa estacionária perfurada que permitem o controle e passagem de agente gaseificante, este processo de esteira perfurada deslizante sobre placa estacionária perfurada é denominada na US6948436 como sistema de grelhas móveis.

[13] O reator descrito na US6948436 possui sua forma construtiva e acessórios com a finalidade de gaseificar resíduos orgânicos de acordo com o descritivo do processo, que detalha bem todas as

etapas, incluindo a adição de agentes redutores e de controle de emissões de combustão que não é necessária na presente invenção.

[14] Também sua forma construtiva contempla, numa mesma câmara, regiões distintas de combustão logo acima da região de gaseificação, conforme descrito nos desenhos de forma favorecer a turbulência nas regiões de adição de ar de combustão e agentes redutores.

[15] A US6948436 possui as seguintes características diferenciadas da presente invenção:

a) sistema de abastecimento:

- na US6948436 o sistema de abastecimento consiste em uma moega cilíndrica (12) sobre a esteira móvel com controlador de altura de entrada na câmara (24);
- com a abastecimento descrito em US6948436, toda a massa de resíduo da moega de recepção (12) fica sobre a esteira em movimento, restringida pelo controle de altura (24), o peso desta massa não é informado, porém pela escala apresentada, deverá ser superior ao toda a massa em processamento, desta forma uma esteira de arraste com um peso tão grande sobre ela, ocasionará um desgaste intenso e inevitável, indiferente do material utilizado em sua construção, tanto na placa estacionária abaixo da esteira quanto na própria esteira;

b) sistema de grelhas móveis:

- na US6948436 o sistema descrito como grelhas móveis, se trata de uma esteira perfurada, onde não é informado o diâmetro do furo e nem se o furo apresenta algum tipo se morfologia para evitar entupimento;
- esta esteira perfurada é movimentada por acionamento em roletes (46) nas extremidades da parte inferior do reator de

gaseificação, e percorre totalmente o reator com velocidade constante e conseqüentemente velocidade constante do material a ser gaseificado, característica peculiar deste processo;

- considerando a perda de massa por tempo de processo, ocasionado pela volatilização e degradação térmica (gaseificação em si), este tipo de movimentação não permite uma carga homogênea em toda a extensão do reator, o que acaba perdendo capacidade de produção e ociosidade de câmara;
- o acionamento da esteira denominada em US6948436 como grelha móvel é feita por roletes (46), que por sua vez deverão exercer a força necessária para arrastar a massa da esteira sobre a placa estacionária(14) mais toda a massa de resíduo do dentro do reator assim como todo o peso dos resíduos dentro da moega de abastecimento que também estão sobre a esteira, só por exposto este já se constitui um problema de operacionalidade, porém o que não é descrito, mas deve ser considerado, é a temperatura de trabalho da esteira e dos roletes (46 e 45 dos desenhos) que segundo descrição varia de 800 °F a 2.000 °F, já que não existe sistema de resfriamento descrito e nestas condições os materiais apresentam maiores desgastes.

[16] Não existe no estado da técnica processo e/ou equipamento que gere calor pela gaseificação e posterior queima de gases derivados de Resíduo Sólido Urbano úmido, no estado original da coleta nas residências, sem a necessidade de preparação por secagem, fracionamento, briquetagem e tratamentos especiais de gases para atender leis de emissões brasileiras.

Problema técnico a ser resolvido

[17] A invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS” foi desenvolvida para resolver o problema de gaseificação de resíduo sólido urbano no estado bruto tal qual como é coletado nas residências das cidades e combustão ou queima dos gases combustíveis derivados de resíduos produzidos neste processo contínuo, atendendo a legislação sobre emissões de poluentes, gerando de calor para uso industrial ou geração de eletricidade.

[18] Adicionalmente se resolve o problema de aumento da vida útil dos aterros sanitários pelo menor volume de material destinado para aterro.

Objetivos da invenção e suas vantagens

[19] A invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS” tem por objetivo solucionar os problemas técnicos acima descritos, bem como não necessitar uma prévia secagem e/ou picotagem ou trituração e/ou briquetagem ou pelotização.

[20] A presente invenção, atendendo a legislação de emissões brasileiras proporciona um ganho financeiro aos gestores dos RSU's nos municípios pelo fornecimento de energia e pela diminuição do volume de material destinado para aterro sanitário.

Novidade e efeito técnico alcançado

[21] A novidade da invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, tanto no processo quanto no equipamento utilizado, que também se traduz em vantagens e efeito técnico inesperado residindo em:

a) não haver necessidade de separação prévia dos resíduos;

- b) processo simplificado não necessitar secagem prévia por admitir até 55% de umidade no RSU bruto entrante no processo;
- c) economia de energia por não necessitar calor para secagem prévia;
- d) tipo de alimentação por pistões em perfil "meia cana" que trabalham adequadamente com RSU bruto;
- e) não necessitar de etapas de trituração e portanto não necessita de triturador primário e/ou secundário;
- f) queimador acoplado logo na saída do gaseificador proporciona eficiência energética favorecida por dispensar trocadores de calor entre tais etapas, tal qual descrito na WO2007/037768, sendo todo o calor produzido por reações exotérmicas do processo de gaseificação, aproveitada no processo de recuperação de energia;
- g) não necessitar tratamento de gases;
- h) câmara de combustão que garante o tempo de residência (pelo menos 1,0 segundo) dos gases em altas temperaturas (entre 1.000 e 1.400°C), neste processo os gases de escapes praticamente saem prontos para serem descartados na atmosfera atendendo os níveis máximos permitidos pela legislação;
- i) controle da velocidade do RSU em processo sobre as grelhas
- j) o conjunto de grelhas móveis permite que a velocidade de movimentação dentro da câmara seja diferente em cada etapa e controlada de acordo com a temperatura e pressão, de forma que o volume sobre a grelha seja mantido uniforme, dando um maior aproveitamento de área interna e conseqüentemente um aumento da eficiência quanto ao volume processado por área de grelha comparando-se com o estado da técnica.

Relação de figuras

[22] Para a melhor compreensão da presente invenção, é feita em

seguida, uma descrição detalhada da invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, fazendo-se referências aos desenhos anexos, sendo:

[23] A Figura 1 mostra da invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, a vista em lateral em corte do gerador(1) e a abrangência do sistema em um suposto contexto, em forma de esquema.

[24] A Figura 2 mostra da invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, a vista em lateral em corte do gerador(1), no tocante a parte mecânica do invento. Sem automação e instrumentação, para melhor entendimento desta parte.

[25] A figura 3 mostra da invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, a peça da grelha individual (1.7.1) em vista superior.

[26] A figura 4 mostra da invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, a peça da grelha individual (1.7.1) em vista lateral.

[27] A figura 5 mostra da invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, a peça da grelha individual (1.7.1) em corte sem dimensões chamando detalhes peculiares abaixo descritos.

[28] A figura 6 mostra da invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, a peça da grelha individual (1.7.1) em vista isométrica superior sem dimensões chamando detalhes peculiares abaixo descritos.

[29] A figura 7 mostra da invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, a peça da grelha individual (1.7.1) em vista isométrica inferior sem dimensões chamando detalhes peculiares abaixo descritos.

Descrição da Melhor Solução Proposta.

[30] Conforme a Figura 1 a presente invenção denominada “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, utiliza de um gerador(1) feito em aço carbono, aço liga e inoxidável, isolantes térmicos e componentes eletroeletrônicos apresentando sua composição técnica funcional composta por até 20 partes básicas que se caracterizam por apresentarem as seguintes características: correia transportadora(1.1), alimentador(1.2), gaveta horizontal(1.2.1) com seu pistão(1.2.1.1), gaseificador(1.3) com entrada(1.3.1), queimador(1.5) com coletor superior(1.5.1) e bicos venturi(1.5.2), soprador(1.6), grelhas móveis(1.7), transportadores inferiores(1.8), coletor de resíduos(1.9), Insufladores de ar(1.10), tocha de plasma ou chama piloto(1.11), tanque de água para resfriamento e vedação(1.12), central hidráulica(1.13), conjunto de registros com atuadores pneumáticos e posicionadores(1.14), dutos de ar(1.15), dutos de mistura(1.16), dutos de recirculação de gases de alta temperatura(1.17), dutos de recirculação de gases de média temperatura(1.18), dutos de admissão de ar(1.19), duto de admissão de metano ou combustível para chama piloto(1.20) e toda a instrumentação básica composta de: transmissor de pressão(2.1), transmissor de temperatura(2.2), chave de nível(2.3), sensores de chama(2.4), termômetro(2.5), transmissor de temperatura(2.6),

analisador e transmissor de O₂ e CO(2.7), transmissor do sistema que está sendo servido pelos gases gerados(2.8), transmissor de temperatura(2.9), conversores de frequência(2.10), chaves fim de curso(2.11), conversores de frequência(2.12), válvulas solenoides(2.13), termômetro(2.14), termômetro(2.15), transmissor de pressão(2.16) e malhas de controle(2.17).

[31] A figura 1, exemplifica, ainda, alguns elementos do contexto de uma instalação visando melhor compreensão.

[32] São eles: recebimento de RSU(3), reciclagem(4), compostagem(5), rejeitos(6), processo(7), dutos de fumos(8), exaustor de tiragem(9) e chaminé(10).

[33] “O PROCESSO DE GERAÇÃO DE COMBUSTÍVEL PARA UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS DE SÓLIDOS URBANOS” é realizado na mesma planta industrial onde será empregado este combustível com a finalidade de obtenção de energia térmica.

[34] Neste processo não há necessidade de armazenamento dos combustíveis já no estado gasoso e superaquecidos, pois este será consumido diretamente na saída do gerador ou reator(1 – Figura 1) onde é gerado, dispensando etapas de condensação que demandam grande perda de energia em trocadores térmicos.

[35] Na invenção denominada “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, o processo global, geração e combustão do combustível são realizadas em dois estágios: no primeiro estágio hidrocarbonetos, hidrogênio, monóxido de carbono (CO) e uma pequena quantidade de dióxido de carbono (CO₂), são gerados em uma câmara especialmente projetada para esta finalidade, o gaseificador(1.4 – Figura 1), onde fragmentos de RSU e uma quantidade insuficiente de oxigênio

atmosférico para combustão completa, passam pela câmara(1.4 – Figura 1) durante um tempo (pelo menos 120 minutos) e temperatura (entre 500 e 800 °C), de forma transformar todo o conteúdo combustível do RSU em gases e os resíduos sólidos com composição química variada e contendo metais pesados e tóxicos, denominados escória, retirados da câmara para posterior aproveitamento industrial ou destinados a aterros adequados.

[36] Os gases combustíveis gerados no primeiro estágio são puxados desta câmara por pressão negativa, através de um tubo venturi(1.5.2 – Figura 1) soprado com ar atmosférico, isto quando a combinação de partes que, coordenadas, concorrem para a combustão não apresentar pressão negativa suficiente para esta retirada, neste caso, uma quantidade estequiométrica de ar atmosférico é adicionado ao gás produzido, para que possa ser realizada a combustão.

[37] O segundo estágio é executado na saída do tubo venturi(1.5.2 – Figura 1), quando este existir, que é conectado a uma câmara de combustão, onde a partir de tocha de plasma ou uma chama piloto (1.11 – Figura 1), gerada pela combustão de gases combustíveis, tais como: Hidrogênio, GLP, GNV ou acetileno, e a chama vinda da queima deste gases, é responsável pelo alto aquecimento da câmara de combustão, com finalidade de agir como energia de ativação do Monóxido de Carbono (CO), hidrogênio e Hidrocarbonetos gasosos produzidos no primeiro estágio e ar atmosférico utilizado no venturi (1.5.2 – Figura 1) ou adicionado diretamente na câmara, ocasionando a combustão (1.5 – Figura 1) total destes gases, liberando grande quantidade de calor e gases normais de combustão, que devem atender as normas ambientais vigentes, ainda que tenham que passar por processo de filtragem e lavagem.

[38] Na invenção denominada “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, os subprodutos e resíduos deste processo são os materiais inertes, minerais, metálicos entre outros vários que podem estar presente no RSU, sendo este material de variada procedência e composição química, denominado doravante de escória, e que uma vez tratado por processos físico-químicos podem ser utilizados como matéria prima em indústrias ou apenas inertizados através de adição e cimentos e depositados em aterros em conformidade com as entidades ambientais e normas vigentes.

[39] Outro tratamento que pode ser utilizado dependendo do custo energético de produção é a vitrificação através de plasma térmico, para ser então utilizado em aplicações variadas.

[40] Na invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, a correia transportadora(1.1) eleva os RSU até a admissão que é feita por meio de uma gaveta (1.2.1 – Figura 1) com um potente acionamento hidráulico (1.2.1.1 – Figura 1). O duto de admissão (1.3.1 – Figura 1) é projetado para manter-se sempre cheio de material compactado pela gaveta, impedindo a entrada de ar e a saída de gases para a atmosfera.

[41] A câmara de gaseificação (1.4 – Figura 1) é perfeitamente fechada, revestida com material refratário e isolante e tem controle automático de temperatura.

[42] O volume da câmara de gaseificação, ao contrário do que existe nos tradicionais conjuntos de queima, apresenta dimensões reduzidas.

[43] A admissão da mistura de fumos e ar que promove a gaseificação se dá através do conjunto da grelha.

[44] Ou seja, parte dos gases quentes obtidos na câmara de

combustão e chaminé, misturados a uma determinada quantidade de ar, atravessa a grelha pelos furos cônicos que podem ser observados na Figura 5.

[45] A temperatura desta mistura de gases recirculados e ar é controlada por 3 registros dotados de posicionadores pneumáticos controlados por um transmissor de temperatura instalado na admissão ou recalque do ventilador.

[46] Caso necessário, pode se optar pela utilização de uma câmara de mistura de gases com ventiladores dedicados e controlados por variadores de velocidade para cada tipo de gás.

[47] As Figuras 3, 4, 5, 6, e 7 mostram o detalhe da grelha (1.7.1) que compõe o grelhado (1.7), tanto a parte fixa quanto a móvel.

[48] A peça(1.7.1) que compõe o grelhado apresenta desenho exclusivamente concebido para gaseificação de RSU.

[49] A grelha em ferro fundido, produzida em um material que deriva da norma ASTM A-532 sem tratamento térmico.

[50] Um dos principais diferenciais é a depressão, (1.7.1.1 – Figura 5 e 6) na região central da peça, no eixo longitudinal que tem função essencial no processo.

[51] Sob esta depressão existe uma nervura (1.7.1.2 – Figura 7), cuja função não é unicamente melhorar o projeto estrutural, mas também, impedir a transferência de calor para o fluido (mistura de gases recirculados da câmara de combustão e chaminé) que circula na parte inferior da peça.

[52] O objetivo é, portanto, manter temperaturas mais elevadas (de 500 a 800°C) na região da depressão. As laterais da peça possuem encaixes (1.7.1.3– Figura 5 e 6) (1.7.1.4 – Figura 5 e 6) tipo macho/fêmea, de suma importância na exatidão do processo, pois impedem o vazamento de fluidos da parte superior para a parte inferior

da grelha, fora da câmara de gaseificação (1.4 – Figura 1).

[53] Os furos(1.7.1.5 – Figura 5 e 6) na região saliente têm a função de dar passagem uniforme ao fluído ou ar vindo das câmaras de equalização da mistura ar/fumos sob o conjunto da grelha que têm, também, a função de coletar finos que eventualmente perpassam a grelha.

[54] A mistura é controlada em função da sua temperatura e é insuflada por meio de um ventilador, (1.6 – Figura 1) ou puxados pela pressão negativa da saída da câmara, para serem utilizados no processo de gaseificação, esta mistura circula sobre o conjunto da grelha (1.7 – Figura 1), promovendo contato com o material a ser gaseificado. Estes furos(1.7.1.5 – Figura 5 e 6) são cônicos com o ângulo aberto para baixo, evitando entupimentos.

[55] Os gases são provenientes da queima total dos combustíveis gerados na gaseificação e oxidados na câmara de combustão.

[56] Estas condições de temperatura (de 500 a 800 °C) e quantidade de comburentes sobre o grelhado proporcionam a todo o material volátil e combustível presente no RSU, a passagem para a fase gasosa, ou então, através de uma combustão incompleta a monóxido de carbono pela oxidação parcial de hidrocarbonetos, formando assim, uma mistura de gases com elevado poder calorífico e grande capacidade térmica.

[57] A montagem do conjunto é levemente inclinada para frente, com um ângulo de inclinação de 1 a 4°, induzindo o escoamento de materiais passam ligeiramente pela fase líquida. O conjunto da grelha é movimentado por pistões hidráulicos (1.2.1.1 – Figura 1).

[58] Este movimento é de avanço e recuo e somente para as fileiras de número par, pois possuem as grelhas móveis(1.7.1 – Figura 5 e 6). As fileiras de número ímpar não se movimentam, pois possuem as

grelhas fixas(1.7.1 – Figura 5 e 6).

[59] Ao final do grelhado (1.7 – Figura 1) existe um canal coletor (1.7.2 – Figura 1) para o material sólido inerte.

[60] Sob o grelhado existem câmaras onde a mistura ar e gases é injetada e eventualmente caem cinzas finas(1.7.3 – Figura 1).

[61] A retirada deste material é feita por meio de um transportador de arraste (1.9 – Figura 1). Todo o material coletado é mergulhado em um tanque com água (1.12 – Figura 1) logo abaixo da câmara de gaseificação.

[62] Este reservatório tem a finalidade de resfriamento do material sólido (escória) assim como manter hermeticamente fechada a câmara, tanto abaixo da grelha como na saída da escória.

[63] A inclinação total do conjunto de grelhas descendente do arranjo das grelhas associado à altura de cada fileira de grelhas proporciona uma inclinação efetiva total entre 10 e 25° em relação à horizontal.

[64] Conforme as figuras 03, 04, 05, 06 e 07, é demonstrada, com detalhes, a grelha individual utilizada para a formação do conjunto de grelhas, nestas figuras é possível ver a frente da grelha (como o "espelho" de um degrau de escada) com uma morfologia quase plana, de forma que possa ter a maior área possível, e assim ter grande eficiência para empurrar o resíduo para frente em direção à próxima etapa.

[65] Portanto, para se obter esta área frontal da grelha foi considerado a inclinação ideal total para que a relação de comprimento e altura do conjunto de grelhas obtivesse a inclinação ideal total de 10° a 25°.

[66] Com a inclinação acima e o movimento de vai e vem das grelhas móveis há o espalhamento e a movimentação longitudinal adequada do RSU para a gaseificação.

[67] Na invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, o efeito venturi é obtido pela injeção de ar nos queimadores venturi(1.5.2 – Figura 1), provocando uma área de baixa pressão no topo da fornalha, puxando os gases remanescentes da gaseificação, direcionando-os para zona de combustão, composta por tocha de plasma térmico ou chama piloto (1.11 – Figura 1) e área e temperatura adequada (de 1.000 a 1.400 °C) para a total oxidação dos gases combustíveis.

[68] Desta forma, os gases remanescentes da primeira queima, juntamente com oxigênio atmosférico, que podem ter origem no venturi agem, conforme a definição, como combustível secundário, mas que somente é injetado na zona de combustão, cruzando a tocha de plasma térmico ou chama piloto (1.11 – Figura 1), formada por combustíveis convencionais, que terá também a função de ativadora de combustão, pois neste local, as condições de queima total dos gases é ótima, devido a ter a maior temperatura do processo (de 1.000 a 1.400 °C) assim como se pode obter maior tempo de residência.

[69] Os resíduos não combustíveis do RSU são retirados pelas correias transportadoras inferiores (1.8 – Figura 1) e direcionadas para o coletor de resíduos imerso em água (1.9 – Figura 1) de onde serão coletados para destinação.

[70] A invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS” define um processo onde existem dois estágios.

[71] No primeiro estágio existe a gaseificação com a separação do material sólido fora do reator(1 – Figura 1), através das grelhas móveis(1.7 – Figura 1) e esteiras(1.8 – Figura 1).

[72] No segundo estágio os gases combustíveis gerados são

direcionados para um queimador de uma fornalha ou forno pré-existente em uma planta fabril.

[73] Portanto a invenção “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS” também define que a queima dos gases remanescentes da gaseificação feita no primeiro estágio seja feita, no caso de cimenteiras, juntamente com a queima do coque, óleo, gases GLP e GNV ou outro combustível, na saída do maçarico original, ou seja, na zona de combustão primária, ou então no pré calcinador, que também apresenta características ótimas ao processo.

Aplicação industrial

[74] A presente invenção é do setor da indústria de metalmeccânica.

REIVINDICAÇÕES

1. “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS” caracterizado por

compreender as seguintes etapas:

- a) etapa 1: recebimento do resíduo sólido urbano na planta de processamento;
- b) etapa 2: depositar resíduos no transportador(1);
- c) etapa 3: por transportador(1) inserir o Resíduo Sólido Urbano *in natura* no alimentador(1.2);
- d) etapa 4: com gaveta(1.2.1.1) dosar o resíduo inserido na boca de alimentação(1.3);
- e) etapa 3: sob ação do soprador(1.10) executar a gaseificação dos resíduos na câmara(1.4) sobre conjunto de grelhas(1.7) a temperatura entre 500 e 800°C;
- f) etapa 4: executar sucção dos gases da etapa 3 para o queimador(1.5);
- g) etapa 5: sob ação do soprador(1.6), de tocha de plasma ou de chama piloto(1.11) efetuar a queima dos gases gerados na etapa 3 a uma temperatura entre 1.000 e 1.400°C;
- h) etapa 6: imediato direcionamento dos gases quentes resultantes da etapa 5 (1.000 à 1.400°C) para aproveitamento energético em um queimador de uma fornalha, forno pré-existente ou caldeira em uma planta fabril;
- i) etapa 7: coleta das cinzas pelo coletor(1.7.2) sobre a esteira transportadora(1.9) com tanque selo de água(1.12);
- j) etapa 8: direcionamento das cinzas para esteira transportadora(1.8) para armazenagem/destinação destas.

2. EQUIPAMENTO para executar o “PROCESSO DE PRODUÇÃO

DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS” descrito na reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** compreender:

a) o reator(1), compreendendo:

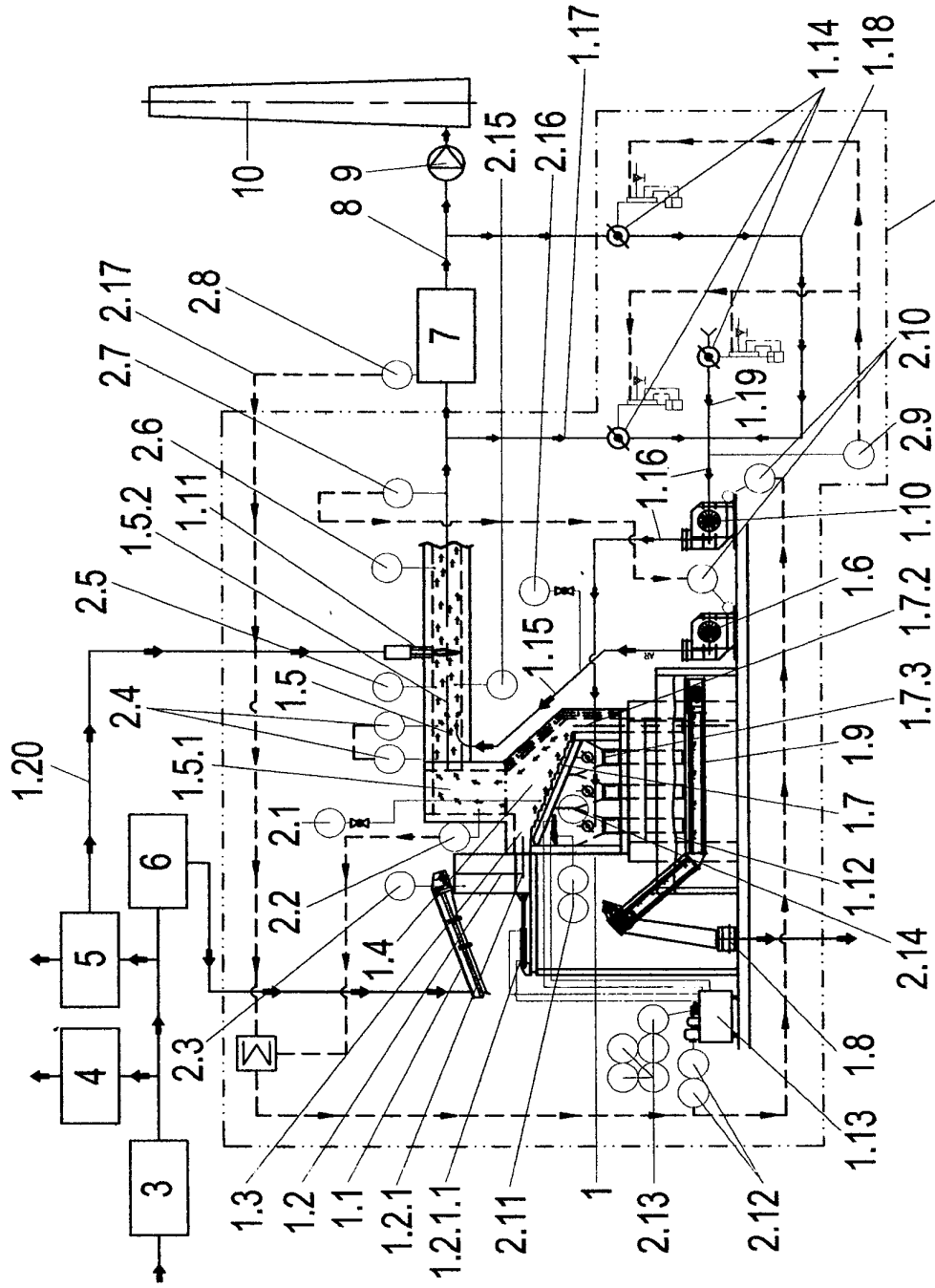
- a correia transportadora(1.1),
- alimentador(1.2),
- gaveta horizontal(1.2.1) com seu pistão(1.2.1.1),
- boca de alimentação(1.3),
- câmara de gaseificação(1.4),
- queimadores(1.5) com coletores superiores(1.5.1) e bicos venturi(1.5.2),
- soprador(1.6),
- grelhas fixas(1.7.1),
- grelhas móveis (1.7.1),
- transportadores inferiores(1.8),
- coletor de resíduos imersos em água(1.9),
- insufladores de ar(10),
- chama piloto(1.11),
- tanque de água para resfriamento e vedação(1.12),
- central hidráulica(1.13),
- conjunto de registros com atuadores pneumáticos e posicionadores(1.14),
- dutos de ar(1.15),
- dutos de mistura(1.16),
- dutos de recirculação de gases de alta temperatura(1.17),
- dutos de recirculação de gases de média temperatura(1.18),
- dutos de admissão de ar(1.19),

- duto de admissão de metano ou combustível para chama piloto(1.20),
- transmissor de pressão(2.1),
- transmissor de temperatura(2.2),
- chave de nível(2.3),
- sensores de chama(2.4),
- termometro(2.5),
- transmissor de temperatura(2.6),
- analisador e transmissor de O₂ e CO(2.7),
- transmissor servido pelos gases gerados(2.8),
- transmissor de temperatura(2.9),
- conversores de frequência(2.10),
- chaves fim de curso(2.11),
- conversores de frequência(2.12),
- válvulas solenoides(2.13),
- termômetro(2.14),
- termômetro(2.15),
- transmissor de pressão(2.16) e,
- malhas de controle(2.17).

3. EQUIPAMENTO para executar o “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS” de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado por** a grelha(1.7.1) compreender a depressão(1.7.1.1), a nervura (1.7.1.2), o encaixe(1.7.1.3), o encaixe(1.7.1.4) e os furos(1.7.1.5).

4. EQUIPAMENTO para executar o “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS” de acordo com a reivindicação 2,

caracterizado por a vedação na parte inferior do reator(1) ser feita por um tanque de água(1.12).



LIMITE DO INVENTO

Figura 1

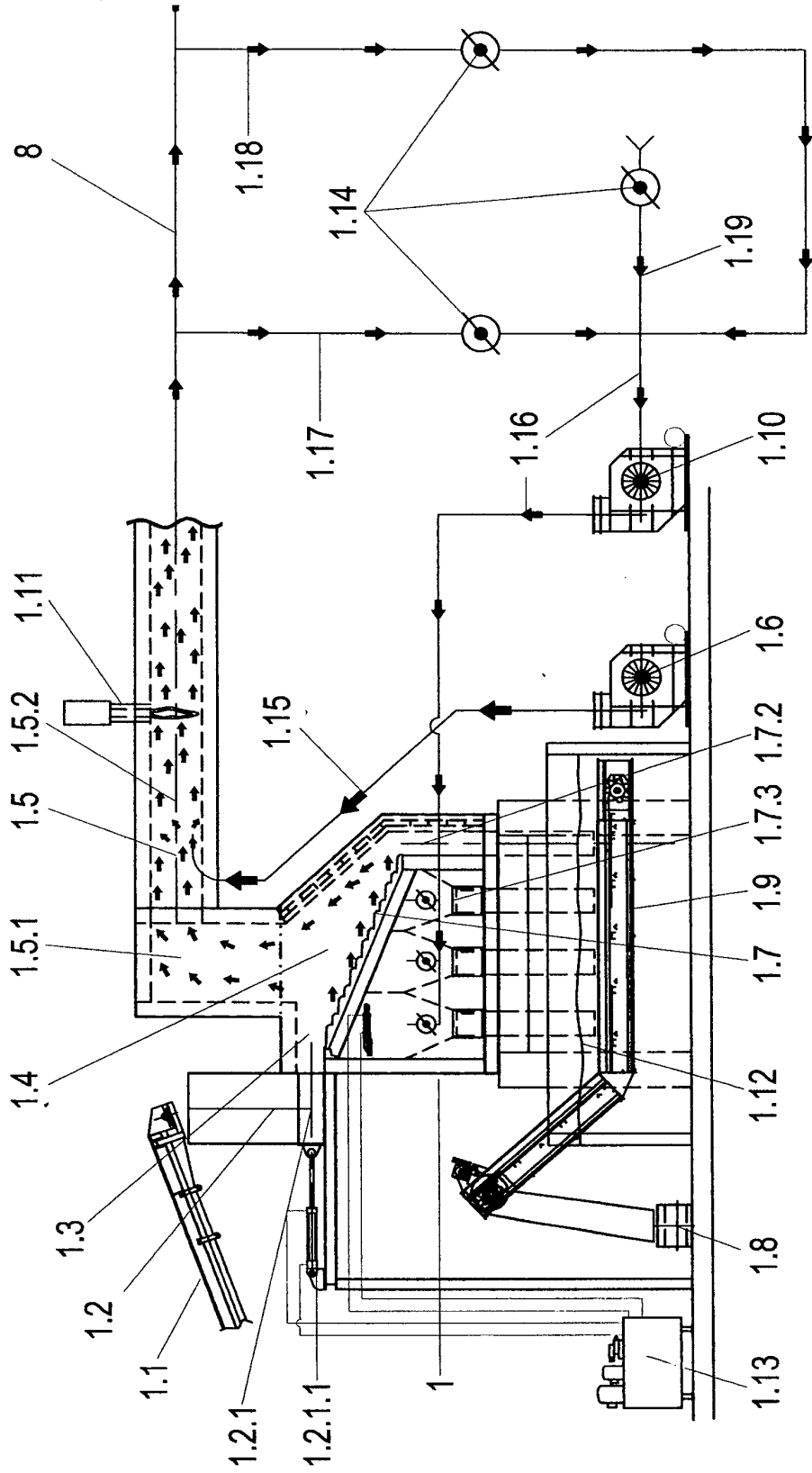


Figura 2

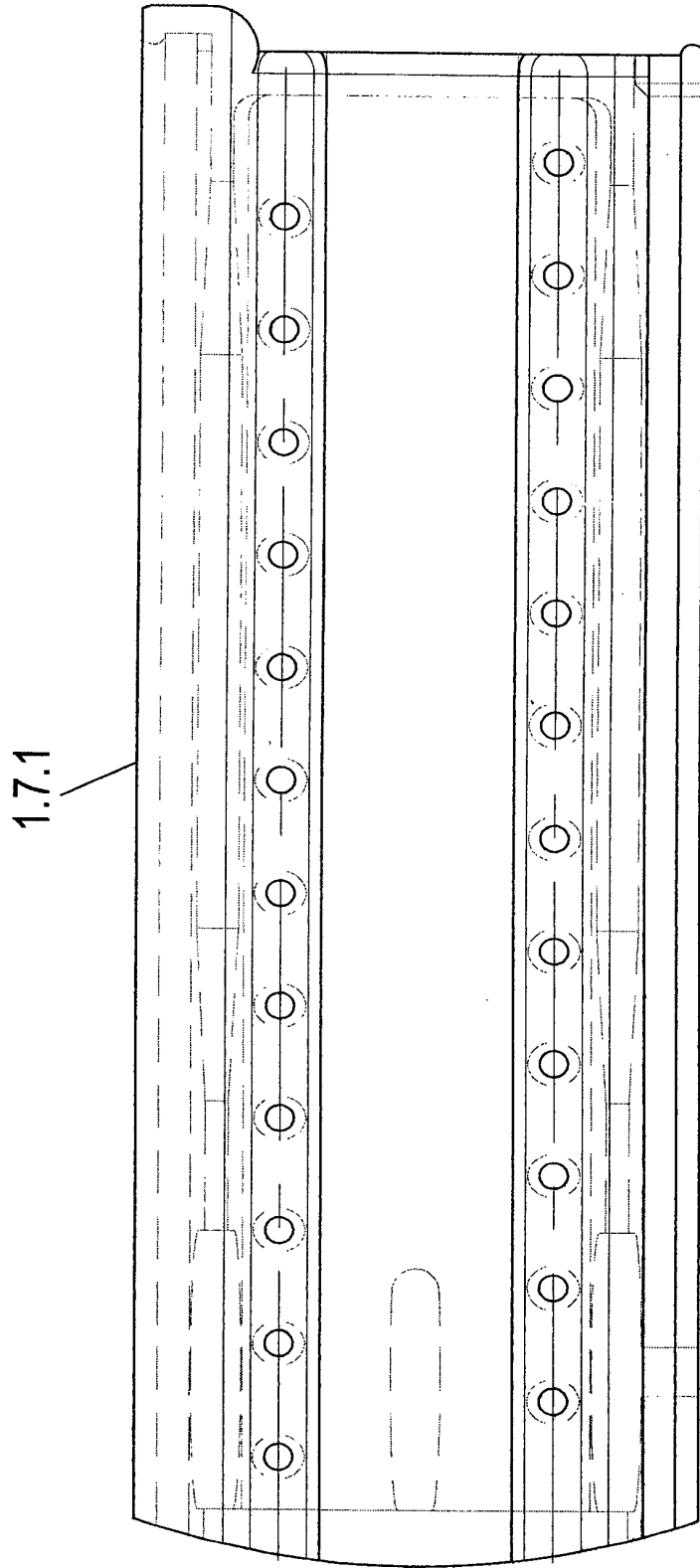


Figura 3

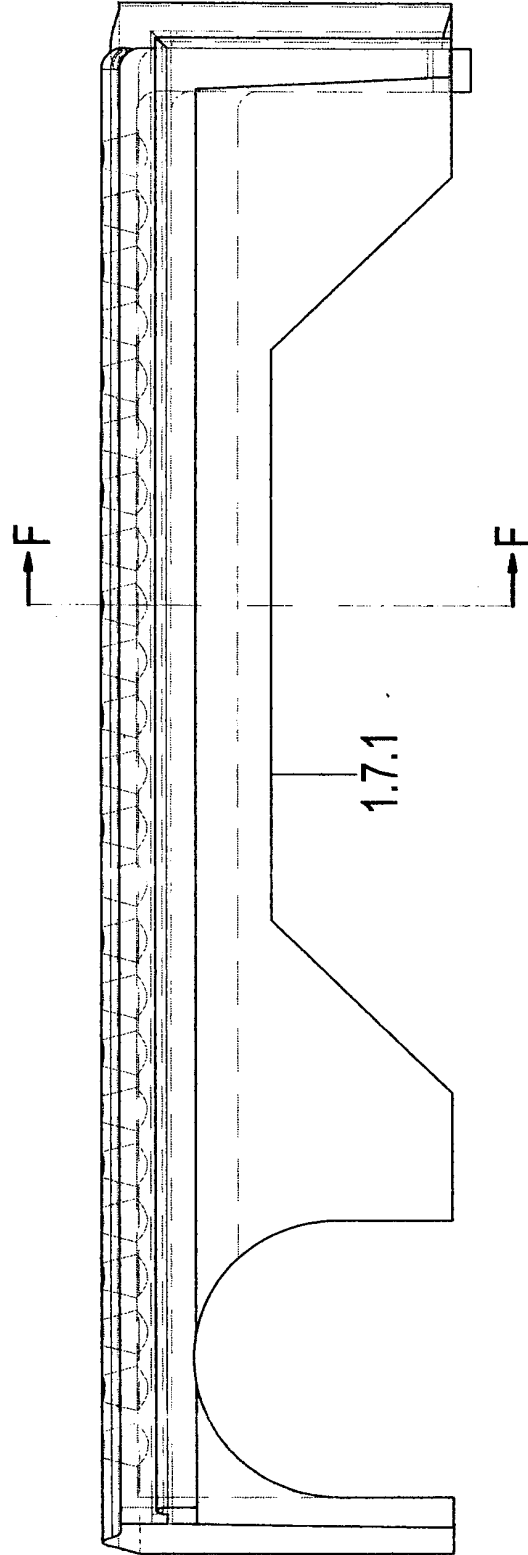
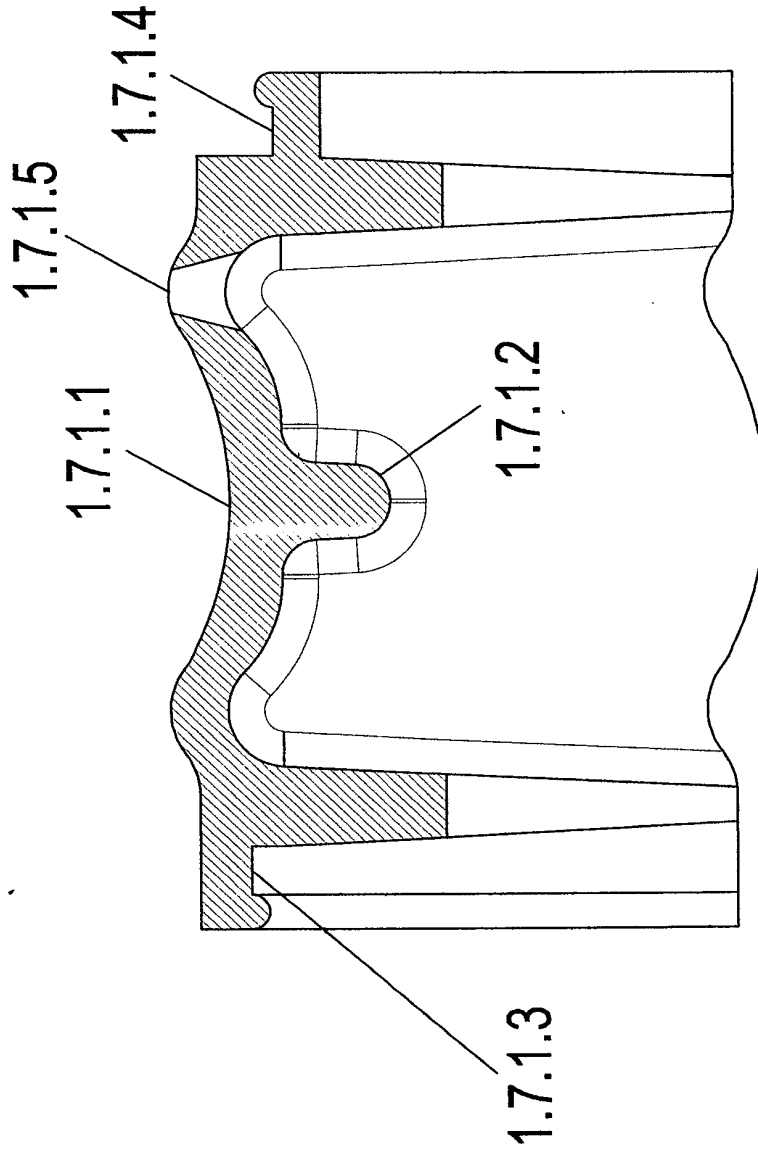


Figura 4



CORTE FF

Figura 5

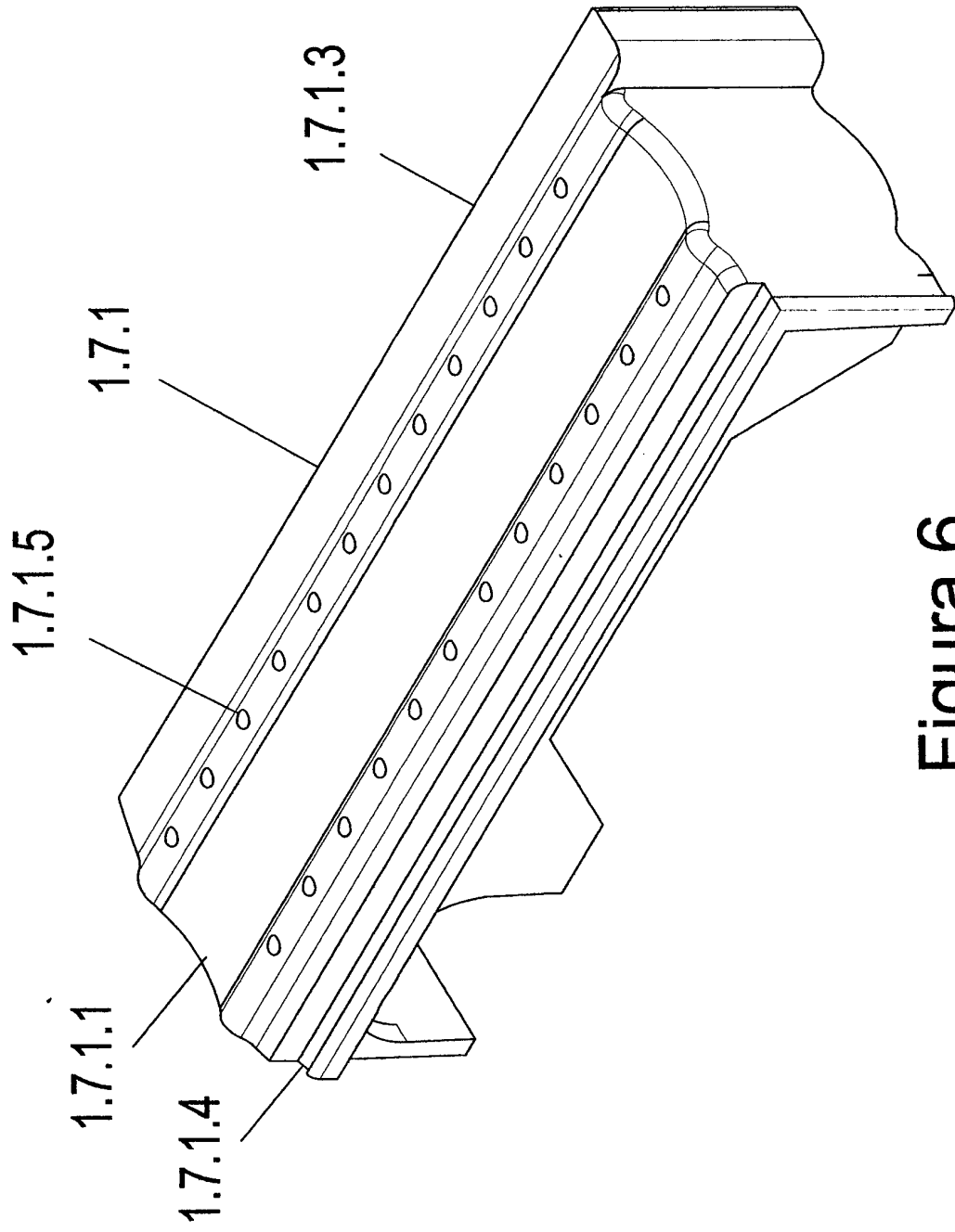


Figura 6

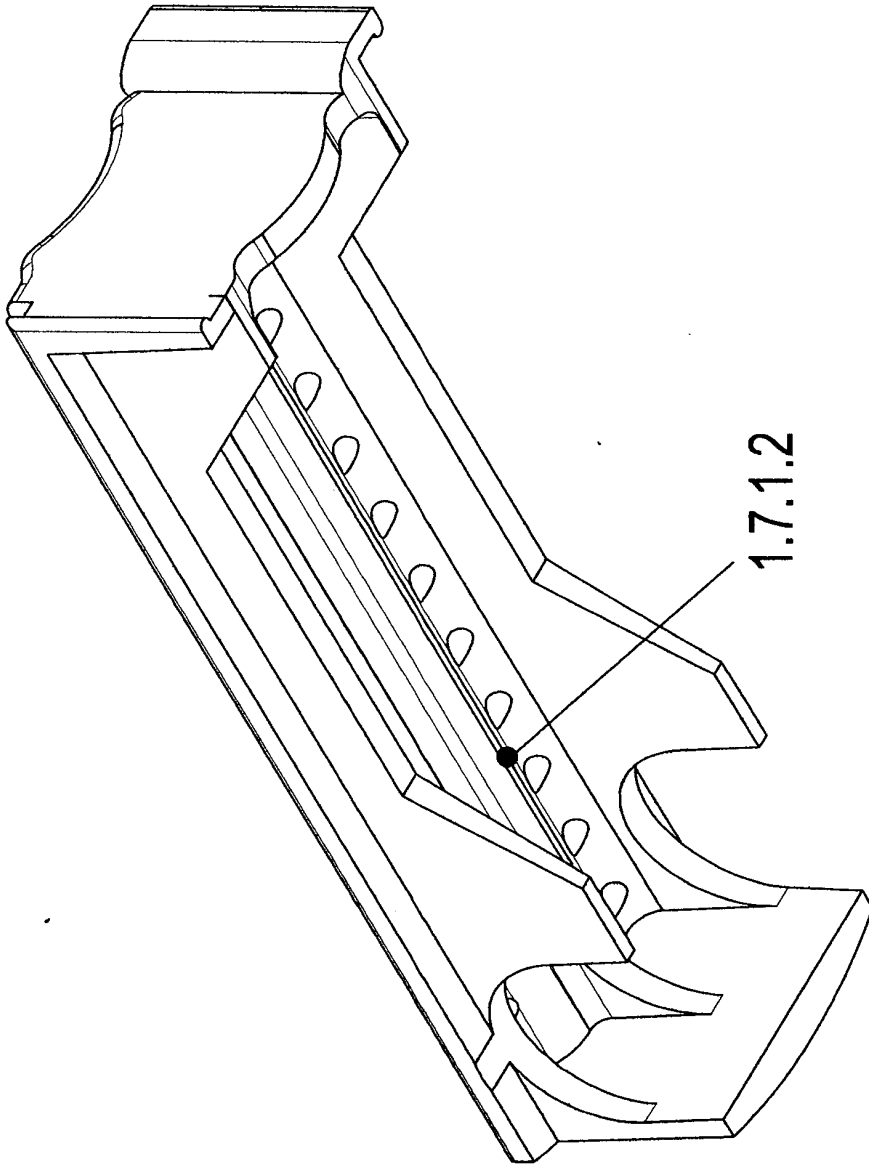


Figura 7

RESUMO

“PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”

A presente invenção refere-se a “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, também chamado de processo de gaseificação, é composto por uma seqüência de operações, em um reator(1), que possibilitam a geração de uma mistura de gases combustíveis, a partir de resíduos sólidos urbanos, utilizável em plantas industriais, produzindo energia térmica para as mais variadas aplicações, preservando os metais pesados e tóxicos presentes no RSU, ao contato com ambientes oxidativos e de temperaturas entre 1.000 e 1.400°C, ocasionando volatilização e transformações químicas destes. Este processo efetivamente tem capacidade de eliminar este passivo ambiental.