



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

(11) PI 0607812-5 B1



(22) Data do Depósito: 29/06/2006

(45) Data de Concessão: 18/12/2018

(54) Título: PROCESSO PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUO E APARELHO PARA REALIZAR O PROCESSO

(51) Int.Cl.: F23G 5/027; F23G 5/00; F23G 5/08; F23G 5/02; F23G 5/46; (...).

(30) Prioridade Unionista: 08/03/2006 GB 0604691.6; 29/06/2005 GB 0513299.8.

(73) Titular(es): ADVANCED PLASMA POWER LIMITED.

(72) Inventor(es): CHRIS CHAPMAN; DAVID OVENS; DAVID DEEGAN; SAEED ISMAIL.

(86) Pedido PCT: PCT GB2006002409 de 29/06/2006

(87) Publicação PCT: WO 2007/000607 de 04/01/2007

(85) Data do Início da Fase Nacional: 05/09/2007

(57) Resumo: PROCESSO PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUO E APARELHO PARA REALIZAR O PROCESSO. Um processo para o tratamento de resíduo, o processo compreendendo: (i) (a) uma etapa de gaseificação compreendendo tratar o resíduo em uma unidade de gaseificação na presença de oxigênio e vapor para produzir um gás de saída e um carvão, ou (b) uma etapa de pirólise compreendendo tratar o resíduo em uma unidade de pirólise para produzir um gás de saída e um carvão; e (ii) uma etapa de tratamento de plasma compreendendo submeter o gás de saída e o carvão a um tratamento de plasma em uma unidade de tratamento de plasma na presença de oxigênio e, opcionalmente, vapor.

“PROCESSO PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUO E APARELHO PARA REALIZAR O PROCESSO”

Campo Técnico

A presente invenção diz respeito a um processo para tratar
5 resíduo, particularmente resíduo municipal.

Fundamentos da Técnica

O resíduo municipal tradicionalmente foi descartado em terreno de aterro sanitário. Entretanto, os riscos ambientais de fazer desse modo estão tornando-se uma preocupação principal e portanto um
10 esforço foi feito em anos recentes para desenvolver processos de tratamento de resíduo que reduz o volume do material de resíduo e a quantidade de constituintes potencial e ambientalmente perigosos no material tratado.

Processos que foram desenvolvidos para tratar resíduo incluem
15 sistemas de combustão, em que o resíduo é termicamente processado com quantidades estequiométricas ou em excesso de oxigênio. O processo é normalmente realizado em ar. Exemplos de sistemas de combustão incluem: sistemas de combustão de deflagrados pela massa, sistemas de combustão de combustível derivado de resíduo (RDF), em que o RDF é tipicamente
20 queimado em um alimentador automático de fornos de grelha móvel, e combustão de leito fluidificado.

Um outro método de processar o resíduo envolve usar pirólise, isto é pirolisar o resíduo em uma unidade de pirólise. O termo pirólise significa, no campo de tratamento de resíduo, o processamento
25 térmico de resíduo na ausência de oxigênio. No geral processos de pirólise são endotérmicos e assim requerem a entrada de energia térmica para a pirólise continuar. Isto contrasta com a combustão, que é um processo exotérmico, e como tal não requer a entrada adicional de calor uma vez que a combustão foi iniciada. O processo de pirólise converte

muitos dos constituintes orgânicos encontrados no resíduo a frações gasosas, líquidas e sólidas usando uma combinação de reações de craqueamento térmico e de condensação. A pirólise no geral resulta em três produtos: um fluxo de gás, principalmente contendo hidrogênio, metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono e outros gases; uma fração líquida contendo um alcatrão ou óleo contendo ácido acético, acetona, metanol, e hidrocarbonetos oxigenados complexos; um carvão, consistindo de carbono quase puro, mais qualquer material originalmente inerte originalmente presente no resíduo sólido. A pirólise é um processo que é usado na produção industrial de carvão de madeira, coque e gás de coque de hulha, e gás combustível e piche de frações de petróleo pesado. Entretanto, seu uso no processamento de resíduo sólido não foi bem sucedido, uma das razões pelas quais é que o sistema requer uma carga de alimentação consistente, que é difícil obter do resíduo municipal.

Um terceiro método para processar resíduo envolve a gaseificação do resíduo. A gaseificação é a combustão parcial de um material, onde o oxigênio na unidade de gaseificação é controlado tal que ele está presente em uma quantidade sub-estequiométrica, em relação ao material de resíduo. A gaseificação de resíduo contendo componentes carbonáceos resulta em um gás combustível inflamável rico em monóxido de carbono, hidrogênio e alguns hidrocarbonetos saturados, principalmente metano. Existem cinco tipos básicos de gaseificador: gaseificador de leito fixo vertical, gaseificador de leito fixo horizontal, gaseificador de leito fluidificado, gaseificador de lareira múltipla e gaseificador de estufa rotativa. Os três primeiros estão no uso mais comum.

A gaseificação, embora sendo moderadamente bem sucedida em queimar a maioria do resíduo, não obstante produz um gás que contém particulados não queimados, espécie de alcatrão de volatilidade baixa e compostos transportados pelo ar. Adicionalmente, embora muito do resíduo

fosse queimado a um gás ou partículas transportadas pelo ar, o processo de gaseificação ainda freqüentemente resulta em um 'carvão', isto é um material sólido que contém constituintes que não queimarão ou vaporizarão facilmente sob as condições de operação da gaseificação. O carvão comumente contém

5 metal pesado perigoso e espécies orgânicas tóxicas, que devem ser descartadas cuidadosamente, adicionando ao custo do processo de tratamento de resíduo global. Será avaliado que existe um desejo para reduzir a quantidade de resíduo sólido que resulta de um processo de tratamento de resíduo, e também reduz a quantidade de materiais perigosos no resíduo

10 tratado.

Verificou-se também que, se o gás que resulta da gaseificação de resíduo (denominado um 'gás de saída') for usado em um motor a gás ou turbina a gás, os particulados transportados pelo ar e moléculas de hidrocarboneto de alcatrão têm uma tendência obstruir a

15 turbina ou motor a gás. Portanto o gás não é considerado ser suficientemente 'limpo' e mesmo se o gás de saída produzido pela gaseificação devesse ser usado, a turbina requereria limpeza freqüente e manutenção e/ou a introdução de um estágio de limpeza dispendioso adicional para remover os produtos de alcatrão.

20 Existe portanto um desejo para um processo que superará, ou pelo menos mitigará, alguns ou todos os problemas associados com os métodos da técnica anterior.

Sumário da Invenção

Em um primeiro aspecto, a presente invenção fornece um

25 processo para o tratamento de resíduo, o processo compreendendo

uma etapa de gaseificação compreendendo tratar o resíduo em uma unidade de gaseificação para produzir um gás de saída e um carvão, e

uma etapa de tratamento de plasma compreendendo submeter o gás de saída e o produto de carvão a um tratamento de plasma em uma

unidade de tratamento de plasma. O gás de saída tipicamente conterá partículas sólidas não queimadas e espécies de alcatrão.

O primeiro aspecto pode fornecer um processo para o tratamento de resíduo, o processo compreendendo

5

(i) ou

(a) uma etapa de gaseificação compreendendo tratar o resíduo em uma unidade de gaseificação na presença de oxigênio e vapor para produzir um gás de saída e um carvão, ou

10

(b) uma etapa de pirólise compreendendo tratar o resíduo em uma unidade de pirólise para produzir um gás de saída e um carvão; e

(ii) uma etapa de tratamento de plasma compreendendo submeter o gás de saída e o carvão a um tratamento de plasma em uma unidade de tratamento de plasma na presença de oxigênio e, opcionalmente, vapor.

15

O primeiro aspecto pode fornecer um processo para o tratamento de resíduo, o processo compreendendo

(i) submeter o resíduo a digestão microbiana, depois

(ii) ou

20

(a) uma etapa de gaseificação compreendendo tratar o resíduo microbiologicamente tratado em uma unidade de gaseificação para produzir um gás de saída e um carvão, ou

(b) uma etapa de pirólise compreendendo tratar o resíduo microbiologicamente tratado em uma unidade de pirólise para produzir um gás de saída e um carvão; e

25

(iii) uma etapa de tratamento de plasma compreendendo submeter o gás de saída e o carvão a um tratamento de plasma em uma unidade de tratamento de plasma.

Na presença de oxigênio e vapor indica que tanto gás oxigênio quanto vapor estão presentes na unidade de gaseificação e/ou na unidade de

tratamento de plasma. Outros gases também podem estar presentes. Oxigênio pode ser fornecido como gás oxigênio, em uma mistura de gases (por exemplo ar), e/ou em um composto contendo oxigênio.

“Vapor” inclui água na forma gasosa, vapor e água colocados em suspensão em um gás como gotículas. Preferivelmente, o vapor é água tendo uma temperatura de 100°C ou mais. A água, que será convertida a vapor, pode ser introduzida na unidade de gaseificação e/ou unidade de tratamento de plasma na forma de água líquida, uma pulverização de água, que pode ter uma temperatura de 100°C ou menos, ou como vapor tendo uma temperatura de 100°C ou mais; em uso, o calor no interior da unidade de gaseificação e/ou unidade de tratamento de plasma garante que qualquer água líquida, que pode estar na forma de gotículas transportadas pelo ar, é vaporizada a vapor.

O segundo aspecto pode fornecer um aparelho para realizar o processo da presente invenção, o aparelho compreendendo:

- (i) uma unidade de gaseificação ou unidade de pirólise e
- (ii) uma unidade de tratamento de plasma, em que a unidade de gaseificação tem entradas para oxigênio e vapor e as unidades de tratamento de plasma têm uma entrada para oxigênio e opcionalmente uma entrada para vapor.

O segundo aspecto pode fornecer um aparelho para realizar o processo da presente invenção, o aparelho compreendendo:

- (i) uma unidade de digestão microbiana,
- (ii) uma unidade de gaseificação ou pirólise, e
- (iii) uma unidade de tratamento de plasma.

Características preferidas da presente invenção são descritas nas reivindicações dependentes e na Descrição Detalhada abaixo.

A presente invenção agora será mais descrita. Nas passagens seguintes aspectos diferentes desta invenção são definidos em mais detalhe.

Cada aspecto assim definido pode ser combinado com qualquer outro aspecto ou aspectos a menos que claramente indicado ao contrário. Em particular, qualquer característica indicada como sendo preferida ou vantajosa pode ser combinada com qualquer outra característica ou características indicadas como sendo preferidas ou vantajosas.

Breve Descrição das Figuras

As figuras seguintes são fornecidas por via de exemplo e mostram formas de realização não limitantes da presente invenção.

As Figuras 1(a) a (c) mostram desenhos esquemáticos de um forno de plasma tendo dois eletrodos em três configurações possíveis.

A Figura 2 mostra uma forma de realização preferida do processo da presente invenção.

A Figura 3 mostra uma forma de realização do aparelho da presente invenção, incluindo um gaseificador de leito fluidizado (1) e um forno de plasma (4).

A Figura 4 mostra em mais detalhe o forno de plasma da figura 3.

A Figura 5 mostra uma outra forma de realização preferida do processo da presente invenção.

Descrição Detalhada

Tendo consideração aos problemas associados com os processos de gaseificação, uma solução proposta considerada pelos inventores presentes foi usar um tratamento de plasma no lugar do tratamento de gaseificação. Os inventores descobriram, entretanto, que a quantidade de energia necessária para gaseificar a fração orgânica do material de resíduo na unidade de plasma foi muito alta e apenas volumes relativamente pequenos de resíduo sólido podem ser tratados em qualquer tempo. Como tal, o tratamento de resíduo não processado usando plasma foi descoberto não ser economicamente viável. Os inventores agora

descobriam, entretanto, que primeiro tratando-se o resíduo em uma unidade de gaseificação, seguido por tratamento em uma unidade de plasma, várias vantagens sobre os processos da técnica anterior podem ser obtidas. Em particular, esta combinação foi descoberta ser
5 surpreendentemente eficiente de energia. Também foi descoberto que a combinação do tratamento de gaseificação e o tratamento de plasma resulta em um gás de síntese relativamente limpo (contendo concentrações muito baixas dos particulados transportados pelo ar), quantidades muito baixas de alcatrão perigoso e espécies de metal pesado
10 e quantidades menores de material sólido no produto de gás limpo.

O tratamento do gás de saída em uma unidade de plasma foi descoberto significativamente reduzir o número de particulados transportados pelo ar e compostos de hidrocarboneto de alcatrão, que têm uma tendência a criar problemas de sujeira se usados em uma turbina. O
15 tratamento do carvão na unidade de plasma foi descoberto converter muito do material de carvão a um gás, e, em particular, um gás que tem um teor relativamente baixo de particulados transportados pelo ar e hidrocarbonetos gasosos de alcatrão, que poderiam obstruir uma turbina. O plasma também tem a vantagem que vários particulados transportados pelo ar
20 ambientalmente nocivos e gases são degradados a espécies menos nocivas durante o processo de plasma.

Preferivelmente, o processo envolve introduzir um material de resíduo, isto é uma carga de alimentação de resíduo, que é substancialmente homogênea à unidade de gaseificação. Isto foi descoberto
25 melhorar a eficiência do processo de tratamento como um todo. A carga de alimentação de resíduo pode ter sido pré tratada para aumentar sua homogeneidade anterior a introdução à unidade de gaseificação. “Homogêneo” indica que o resíduo deve ter uma ou mais propriedades que não variam a uma grande extensão por todo o volume do resíduo ou de lote

a lote, se a carga de alimentação de resíduo for alimentada em lotes ao gaseificador; conseqüentemente o valor da propriedade em questão não varia a uma grande extensão visto que o resíduo é alimentado à unidade de gaseificação.

5 Tais propriedades que preferivelmente não variam a uma grande extensão incluem valor calorífico, o tamanho de constituintes, teor de umidade, teor de cinzas, e densidade do material de resíduo. Preferivelmente uma ou mais destas propriedades variam em 20% ou menos, preferivelmente 15% ou menos, mais preferivelmente 10% ou menos. Preferivelmente, o valor
10 calorífico e o teor de umidade do resíduo sendo alimentado ao gaseificador são relativamente consistentes durante o processo.

 A consistência da propriedade/propriedades de interesse pode ser medida tomando-se amostras do mesmo peso de (i) um número dado de lotes da carga de alimentação alimentada ao gaseificador durante um período
15 de tempo (se a carga de alimentação for alimentada às porções ao gaseificador) ou (ii) em intervalos dados de tempo se a carga de alimentação for alimentada substancial e continuamente ao gaseificador. Métodos de amostra conhecidos à pessoa habilitada podem ser usados para medir a consistência da carga de alimentação de resíduo.

20 Por exemplo, durante um período de 1 hora de execução do processo, o valor calorífico de amostras do resíduo (do mesmo peso, por exemplo, 1 kg ou 10 kg) sendo alimentado ao gaseificador tomado em intervalos regulares (por exemplo, 5 a 10 minutos ou 3 a 4 horas) preferivelmente varia em 20% ou menos, mais preferivelmente 15% ou
25 menos, o mais preferivelmente 10% ou menos. Em uma escala absoluta, a carga de alimentação de resíduo tipicamente tem um valor calorífico médio em torno de 15 MJ/kg, e preferivelmente tem uma variação (+/-) do valor calorífico médio de menos do que 3 MJ/kg, preferivelmente menos do que 1,5 MJ/Kg. O teor de umidade da carga de alimentação de resíduo é

preferivelmente tão baixo quanto possível, como debatido em mais detalhe abaixo. O valor calorífico médio da carga de alimentação de resíduo (que pode ser calculado de uma variedade de amostras tomadas em intervalos regulares, como descrito acima) é preferivelmente 11 MJ/Kg ou acima, mais preferivelmente 13 MJ/Kg ou acima, o mais preferivelmente 15 a 17 MJ/Kg.

A carga de alimentação de resíduo, isto é o resíduo alimentado ao gaseificador (que pode compreender combustível derivado de resíduo), preferivelmente tem um teor de umidade de 30% ou menos em peso, preferivelmente 20% ou menos em peso, mais preferivelmente 15% ou menos em peso. O teor de umidade da carga de alimentação de resíduo preferivelmente varia em 10% ou menos, mais preferivelmente em 5% ou menos. O teor de umidade da carga de alimentação de resíduo pode ser controlado usando processos conhecidos àqueles habilitados na técnica, tais como secagem, ou usando-se os processos de digestão microbiana descritos aqui. Teor de umidade típico de combustível derivado de resíduo pode estar na faixa de 20 a 40% em peso. Preferivelmente, o teor de umidade do combustível derivado de resíduo é reduzido às quantidades preferidas para a carga de alimentação de resíduo descrita acima.

O processo pode ainda compreender a etapa de secagem do resíduo antes de seu tratamento na etapa de gaseificação ou pirólise. O resíduo pode ser seco usando-se o calor produzido em qualquer uma das outras etapas do processo, tais como calor das etapas de pirólise, gaseificação e/ou tratamento de plasma. O calor pode ser transferido ao resíduo para os propósitos de secagem contatando-o com ar aquecido ou vapor, que por sua vez pode ter sido aquecido do calor produzido em qualquer uma das outras etapas. O resíduo pode ser seco soprando-se ar aquecido ou vapor sobre ou através do resíduo.

A carga de alimentação de resíduo preferivelmente contém uma proporção alta (preferivelmente 85% ou mais do número de partículas, mais preferivelmente 95% ou mais do número de partículas) de partículas tendo um tamanho de partícula de 50 mm ou menos. Um tamanho de partícula é medido através da partícula em sua dimensão maior. Preferivelmente a carga de alimentação contém 50% ou mais (por número) de partículas tendo um tamanho de partícula de 30 mm ou menos.

Uma análise típica do teor da carga de alimentação de resíduo seria como segue:

Valor calorífico total: 13,2 MJ/Kg

Umidade: 25%

Cinzas: 13,05%

Carbono fixo: 12,17%

Substância volátil: 49,78%

Tamanho de partícula: 85% < 50 mm

Vários processos podem ser usados para homogeneizar várias propriedades do material de resíduo, por exemplo: digestão microbiana, picotamento, desfibramento, secagem, triagem, mistura e combinação. Destes, a digestão microbiana é preferida e este processo é explicado em mais detalhe abaixo.

Um material de resíduo adequado para o uso na etapa de gaseificação foi analisado em duas formas, cada forma tendo um teor de umidade diferente mas de outro modo os mesmos componentes nas mesmas proporções. O material de resíduo contido nos componentes mostrado na Tabela 1 abaixo. A quarta coluna fornece a% em peso dos componentes para cada amostra na ausência de umidade. A unidade de gaseificação é preferivelmente adaptada para gaseificar o resíduo tendo o teor como fornecido na tabela abaixo. A análise elementar (análise final) do resíduo é

fornecida na Tabela 2 abaixo.

Tabela 1

Componente	% em peso (incluindo 12% de umidade no total - forma 1)	% em peso (incluindo 25% de -água no total - forma 2)	% em peso (excluindo água do -total)
Papel e Cartão	36,19	30,84	41,12
Película Plástica	15,2	12,96	17,27
Plástico Denso	2,59	2,21	2,94
Combustíveis Misc.	6,64	5,65	7,54
Combustíveis Não Misc.	2,19	1,87	2,49
Vidro	3,65	3,11	4,15
Metais Ferrosos	1,19	1,01	1,35
Metais Não Ferrosos	0,28	0,24	0,32
Matéria Vegetal e Putrescível	8,86	7,39	9,86
Tecidos	4,62	3,94	5,25
Fraldas e Almofadas	6,78	5,78	7,71
Umidade	12,00	25,00	0
Total (% em peso)	100	100	100

Um material de resíduo que foi termicamente seco pode ter um teor de umidade na faixa de 10 a 16% em peso de cerca de 12% ou menos: a forma I acima do resíduo portanto é representativa do resíduo termicamente seco. Um material de resíduo que foi seco por um assim chamado 'MBT' (Tratamento Biológico Mecânico, tal como digestão aeróbica rotativa) pode ter um teor de umidade de cerca de 25% ou menos: a forma I acima portanto é representativa do resíduo que foi submetido ao MBT.

Tabela 2

(Análise final do resíduo da Tabela 1 contendo 25% de umidade em peso)

C	H	O	S	N	Cl	Cinzas (outros elementos)	Teor de Umidade	
36,9	4,9	24,12	0,15	0,5	0,5	8,03	24,9	100

As quantidades elementares de H e O na Tabela 2 são dos componentes teoricamente secos.

O processo de acordo com a presente invenção compreende uma etapa de gaseificação. A etapa de gaseificação, por exemplo, pode ser realizada em um leito fixo vertical (eixo) gaseificador, um gaseificador de leito fixo horizontal, um gaseificador de leito fluidificado, um gaseificador de lareira múltipla ou um gaseificador de estufa rotativa.

Deve ser observado que um gaseificador de leito fixo horizontal pode de outro modo ser referido na técnica anterior como um combustor de ar subalimentado (incinerador), combustor de ar controlado, combustor pirolítico, ou uma unidade de combustão modular (MCU).

Um gaseificador de leito fixo horizontal no geral compreende duas seções: uma câmara de combustão primária e uma câmara de combustão secundária. Na câmara primária, o resíduo é gaseificado por combustão parcial sob condições sub-estequiométricas, produzindo gás calorífico baixo, que depois flui na câmara de combustão secundária, onde ele é queimado com ar em excesso. A combustão secundária produz gases de temperatura alta (650 a 870°C) de combustão completa, que podem ser usados para produzir vapor ou água quente em uma caldeira de resíduo opcionalmente ligada. Velocidade e turbulência mais baixa na câmara de combustão primária minimizam o arrasto de particulados na corrente de gás, levando a emissões de particulados mais baixas do que combustores de ar em excesso convencionais.

Preferivelmente, a etapa de gaseificação é realizada em uma unidade de gaseificação de leito fluidizado. A gaseificação de leito fluidizado foi descoberta processar a carga de alimentação de resíduo mais eficientemente do que os outros processos de gaseificação disponíveis. A técnica de leito fluidizado permite contato muito eficiente das correntes de alimentação de oxidante e resíduo levando a taxas de gaseificação rápidas e controle de temperatura limitado dentro da unidade.

Uma unidade de gaseificação de leito fluidizado típica pode compreender um cilindro de aço vertical, usualmente revestido com refratário, com um leito de areia, um placa da grade de suporte e bocais de injeção de ar conhecidos como alcaravizes. Quando ar é forçado a subida através dos alcaravizes, o leito fluidiza e expande-se até duas vezes seu volume restante. Combustíveis sólidos tais como hulha ou combustível derivado de resíduo, ou no caso da presente invenção, a carga de alimentação de resíduo, podem ser introduzidos, possivelmente por meio de injeção, no reator abaixo ou acima do nível do leito fluidificado. A ação de “fervura” do leito fluidificado promove turbulência e transfere calor à carga de alimentação de resíduo. Em operação, combustível auxiliar (gás natural ou óleo combustível) é usado para levar o leito até a temperatura de operação de 550°C a 950°C, preferivelmente 650°C a 850°C. Depois do início, o combustível auxiliar usualmente não é necessário.

Preferivelmente a unidade de gaseificação, o mais preferivelmente a unidade de gaseificação de leito fluidizado, será um vaso cilíndrico, vertical, que é preferivelmente revestido com um material refratário apropriado, preferivelmente compreendendo silicato de alumina.

Em uma unidade de gaseificação de leito fluidizado, a distância entre a superfície efetiva formada pelas partículas do leito fluidizado quando fluido (isto é quando o gás está sendo alimentado através das partículas abaixo) e o topo da unidade é chamado a “altura do painel livre”. Na presente invenção, a altura do painel livre, em uso, preferivelmente será de 2,5 a 5,0 (mais preferivelmente 3,5 a 5,0) vezes o diâmetro interno da unidade. Esta configuração geométrica do vaso é designada a permitir tempo de residência adequado do resíduo dentro do leito fluidizado para conduzir as reações de gaseificação à conclusão e também para impedir o transporte excessivo de particulados na unidade de plasma. A unidade de gaseificação preferivelmente utilizará um leito aquecido de partículas de cerâmica

colocadas em suspensão (fluidizadas) dentro de uma coluna ascendente de gás. As partículas podem ser semelhantes à areia. As partículas podem compreender óxido de silício.

Preferivelmente, o resíduo será alimentado continuamente à unidade de gaseificação em uma taxa controlada. Se a unidade de gaseificação for uma unidade de gaseificação de leito fluidizado, preferivelmente o resíduo é alimentado diretamente no leito ou acima do leito.

Preferivelmente, a alimentação do resíduo será transferida à unidade do gaseificador usando um sistema transportador de rosca, que permite adição contínua de resíduo. O sistema de alimentação do resíduo pode incorporar um dispositivo de trava a ar, tal que o resíduo pode ser alimentado na unidade de gaseificação através do dispositivo de trava a ar para impedir que o ar entre ou gás saia para/do interior da unidade do gaseificador. O resíduo é preferivelmente alimentado através do dispositivo de trava a ar com purga de gás inerte adicional. Dispositivos de trava a ar são conhecidos à pessoa habilitada.

Durante o processo de gaseificação, a unidade de gaseificação deve ser selada do ambiente adjacente para impedir entrada e saída de gases para/da unidade de gaseificação, com a quantidade de oxigênio e/ou vapor sendo introduzidos à unidade de gaseificação conforme necessário em uma maneira controlada.

Se a unidade de gaseificação for uma unidade de gaseificação de leito fluidizado, preferivelmente oxidantes compreendendo oxigênio e vapor são alimentados abaixo do leito, que pode ser através de uma série de bocais de distribuição faceando a montante.

Preferivelmente, a gaseificação é realizada na presença de vapor e oxigênio. Como mencionado acima, água, que será convertida a vapor, pode ser introduzida na unidade de gaseificação na forma de água líquida, uma pulverização de água, que pode ter uma temperatura de 100°C

ou menos, ou como vapor tendo uma temperatura de 100°C ou mais. Em uso, o calor no interior da unidade de gaseificação garante que qualquer água líquida, que pode estar na forma de gotículas transportadas pelo ar, é vaporizada ao vapor. Preferivelmente o vapor e oxigênio serão rigorosamente

5 medidos à unidade e a taxa de alimentação do resíduo ajustada para garantir que o gaseificador opere dentro de um regime aceitável. A quantidade de oxigênio e vapor introduzida à unidade de gaseificação em relação à quantidade de resíduo dependerá de vários fatores incluindo a composição da alimentação do resíduo, seu teor de umidade e valor calorífico.

10 Preferivelmente, a quantidade de oxigênio introduzida à unidade de gaseificação durante a etapa de gaseificação é de 300 a 350 kg por 1000 kg de resíduo alimentado à unidade de gaseificação. Preferivelmente, a quantidade de vapor introduzida à unidade de gaseificação é de 0 a 350 kg por 1000 kg de resíduo introduzido à unidade de gaseificação, opcionalmente de 90 a 300 kg

15 por 1000 kg de resíduo ou 120 a 300 kg por 1000 kg de resíduo, o mais preferivelmente 300 a 350 kg de resíduo, se o resíduo contém menos do que 20% (opcionalmente menos do que 18%) em peso de umidade. Se o resíduo contém 20% ou mais (opcionalmente mais do que 18%) em peso de umidade, preferivelmente a quantidade de vapor introduzida à unidade de gaseificação é

20 de 0 a 150 kg por 1000 kg de resíduo. Quantidades de adição típicas de oxidantes de oxigênio e vapor para o resíduo fornecido acima na Tabela 1 são fornecidos abaixo na Tabela 2.

A unidade de gaseificação preferivelmente compreenderá um sistema de pré aquecimento de leito subjacente abastecido com combustível

25 fóssil, que preferivelmente será usado para elevar a temperatura do leito antes do começo da alimentação da unidade.

Preferivelmente a unidade de gaseificação compreenderá sensores de pressão e temperatura múltiplos para monitorar rigorosamente a operação de gaseificação.

Para o material de resíduo tendo a composição dada na Tabela 1 (contendo 12% ou 25% de água), a taxa de adição de oxigênio e vapor preferivelmente estará na faixa como indicado na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Quantidades de adição relativas típicas de oxidantes de oxigênio e vapor

	RDF 12% de umidade*	RDF 25% de umidade*
Quantidade de adição de oxigênio relativa (kg por 1000 kg de resíduo)	300 a 350	300 a 350
Quantidade de adição de vapor relativa (kg por 1000 kg de resíduo)	90 a 300	0 a 100

*Com base na composição da alimentação do resíduo (o combustível derivado de resíduo) fornecida na Tabela 1

Preferivelmente o resíduo será gaseificado na unidade de gaseificação em uma temperatura maior do que 650°C, mais preferivelmente em uma temperatura maior do que 650°C até uma temperatura de 1000°C, o mais preferivelmente em uma temperatura de 800°C a 950°C. Se um gaseificador de leito fluidizado for utilizado na presente invenção, preferivelmente a temperatura do leito é mantida na faixa de 650 a 900°C, mais preferivelmente na faixa de 750 a 950°C e o mais preferivelmente na faixa de 800 a 850°C; isto é no geral adequado para todos os resíduos que não têm um teor de potassa alto e nenhuma aglomeração (sinterização) das partículas do leito fluidizado é observado.

A temperatura máxima que pode ser utilizada no leito fluidificado de uma unidade de gaseificação fluidificada é dependente da composição do teor de cinzas do combustível que é tratado. Em particular, alguns materiais de biomassa são alta em potassa, soda e outras espécies que formam eutéticos de ponto de fusão baixo. Para este resíduo contendo um ou mais destes materiais, é especialmente importante garantir que a temperatura do leito seja mantida abaixo da temperatura de sinterização da cinzas dentro

do resíduo (que pode ser tão baixa quanto $\sim 650^{\circ}\text{C}$ em certos casos) para evitar a coagulação das partículas do leito fluidizado. A temperatura do leito fluidificado pode ser mantida controlando-se a quantidade de oxidante alimentada ao gaseificador em relação à quantidade do combustível sólido.

5 No gaseificador de leito fluidizado, preferivelmente a zona acima do leito fluidizado (algumas vezes denominado o bordo livre) pode ser uma temperatura mais alta do que o leito fluidizado. A temperatura da zona acima do leito fluidizado está preferivelmente na faixa de 800 a 1000°C .

 Sistemas de gaseificação de leito fluidizado são muito
10 versáteis e podem ser operados em uma variedade ampla de combustíveis, incluindo resíduo municipal, lama, materiais de biomassa, hulha e resíduos químicos numerosos. A etapa de gaseificação do processo da presente invenção pode compreender usar um meio de leito adequado tal como pedra calcária (CaCO_3), ou, preferivelmente, areia. Durante a operação, o material
15 de leito original pode ser consumido, e pode ser substituído por material de cinzas graduado reciclado (Carvão) do estágio de gaseificação.

 Preferivelmente, a unidade de gaseificação e a unidade de tratamento de plasma são integradas e tipicamente estarão em conexão fluida. 'Conexão fluida' indica que um conduto é fornecido para transportar os
20 produtos da unidade de gaseificação à unidade de tratamento de plasma. Preferivelmente, o processo total é um processo integrado, em que todas as etapas são realizadas em uma posição e meios são fornecidos para transportar os produtos de cada etapa à seguinte. Cada etapa é preferivelmente realizada em uma unidade separada. Em particular, a gaseificação e o tratamento de
25 plasma são preferivelmente realizados em unidades separadas, para permitir que as condições em cada unidade sejam variadas independentemente. Preferivelmente, meios são fornecidos para transportar os produtos da etapa de gaseificação da unidade de gaseificação à unidade de tratamento de plasma.

Pirólise, como um processo, e unidades de pirólise são convencionais e conhecidas àqueles habilitados na técnica e estão comercialmente disponíveis.

Em uma forma de realização alternativa, o tratamento de plasma pode ser conduzido em duas unidades para separadamente tratar o carvão sólido e as correntes isentas de gás do gaseificador.

O processo de acordo com a presente invenção compreende uma etapa de tratamento de plasma. Preferivelmente, o tratamento de plasma é realizado na presença de um oxidante. Preferivelmente, a quantidade de oxidante é controlada. Mais preferivelmente, a quantidade de oxidante é controlada tal que os hidrocarbonetos gasosos (incluindo produtos de alcatrão, de volatilidade baixa), os particulados de carbono transportados pelo ar, carbono contido no carvão e parte do monóxido de carbono é convertido a monóxido de carbono e dióxido de carbono, preferivelmente tal que a razão do CO/CO₂ depois do estágio do tratamento de plasma é igual ou maior do que o gás que sai da unidade do gaseificador. Preferivelmente, o tratamento de plasma é realizado no carvão até que substancialmente todo o teor de carbono no carvão fosse convertido ao gás ou espécies transportadas pelo ar.

Preferivelmente, o oxidante é oxigênio ou oxigênio e vapor.

Preferivelmente, o tratamento de plasma é realizado na presença de oxigênio e vapor. Como mencionado acima, água, que será convertida a vapor, pode ser introduzida na unidade de tratamento de plasma na forma de água líquida, uma pulverização de água, que pode ter uma temperatura de 100°C ou menos, ou como vapor tendo uma temperatura de 100°C ou mais. Em uso, o calor no interior da unidade de gaseificação e/ou unidade de tratamento de plasma garante que qualquer água líquida, que pode estar na forma de gotículas transportadas pelo ar é vaporizada a vapor.

Preferivelmente, a razão de oxigênio para vapor é de 10:1 a 2:5, em peso. Preferivelmente, o tratamento de plasma do resíduo é realizado

em uma temperatura de 1100 a 1700°C, preferivelmente de 1100 a 1600°C, mais preferivelmente de 1200 a 1500°C.

A unidade de plasma em operação no geral conterá uma fase de fusão. A temperatura da fase de fusão na unidade de plasma preferivelmente será 1150 °C ou mais, preferivelmente de 1150 °C a 1600°C.

Preferivelmente, a quantidade de oxigênio introduzida à unidade de plasma para cada 1000 kg de resíduo inicialmente introduzido na unidade de gaseificação é de 15 a 100 kg, preferivelmente de 25 a 80 kg. Preferivelmente, a quantidade de vapor introduzida à unidade de plasma para cada 1000 kg de resíduo inicialmente introduzido no gaseificador é de 0 a 50 kg, preferivelmente 0 a 30 kg.

Para o material de resíduo tendo a composição fornecida na Tabela 1 (contendo 12% ou 25% de água), a taxa de adição de oxigênio e vapor ao conversor de plasma preferivelmente estará na faixa como indicado na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3: Quantidades de adição relativas típicas de oxidantes de oxigênio e vapor à unidade conversora de plasma

	RDF 12% de umidade*	RDF 25% de umidade*
Quantidade de adição de oxigênio relativa (kg por 1000 kg de resíduo)	25 a 80	25 a 80
Quantidade de adição de vapor relativa (kg por 1000 kg de resíduo)	0 a 30	0 a 30

*Com base na composição de alimentação do resíduo (o combustível derivado de resíduo) dado na Tabela 1

Preferivelmente, o tratamento de plasma do resíduo é realizado na presença de um gás de estabilização de plasma. Preferivelmente, o gás de estabilização de plasma é selecionado de um ou mais de nitrogênio, argônio, hidrogênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono e vapor.

Preferivelmente, água, que será convertida em vapor, é

introduzida na unidade de tratamento de plasma na forma de uma pulverização de água tendo uma temperatura abaixo de 100 °C. Existem duas vantagens principais de fazer desse modo: primeiramente, a água na pulverização tem o efeito de esfriar o gás de síntese produzido na unidade de plasma devido a promoção da reação endotérmica de água com carbono (para produzir hidrogênio e monóxido de carbono). Secundariamente, a entalpia química global do gás de síntese produzido é aumentada, permitindo uma exportação maior de energia elétrica se o gás for usado para gerar eletricidade. (isto é, fornecendo uma melhora na eficiência de conversão elétrica da rede global).

A etapa de tratamento de plasma fornecerá uma via de descarte segura para resíduos produzidos pelo processo tais como um gás de combustão que limpa resíduos.

O resíduo pode conter constituintes, que contêm compostos e elementos perigosos, tais como metais pesados, que são ambientalmente prejudiciais se transportados pelo ar. Estes podem ser denominados resíduos de APC (Controle de Poluição do Ar) e podem estar presentes no resíduo a ser tratado em uma quantidade de ~ 0,2% em peso. Visto que estes resíduos podem ser contaminados com metais pesados tais como chumbo, zinco e cádmio, eles serão classificados como perigosos. Preferivelmente, o processo da presente invenção compreende ainda a inclusão de materiais inorgânicos perigosos, tais como metais pesados e compostos contendo metais pesados, na fase de escória do plasma. Isto capturará os materiais perigosos em uma escória não lixiviável inerte como um resíduo inerte, assim fornecendo uma solução a longo prazo para o problema de descarte para estes materiais.

O processo pode compreender ainda adição de um ou mais agentes fundentes tais como cal, alumina ou areia de sílica à unidade de plasma antes ou durante o tratamento de plasma do gás de saída e carvão. A vantagem de adicionar um agente fundente é que em certas situações, ele

garantiria que uma escória de ponto de fusão baixo, de viscosidade baixa fosse produzida dos materiais não inflamáveis, inorgânicos. Um agente fundente tal como areia de sílica, alumina ou cal também pode ser usado para imobilizar espécies de metal pesado. Estes agentes fundentes são preferivelmente adicionados ao carvão antes da introdução do carvão à unidade de plasma, e se o processo for um processo contínuo, as adições podem ser feitas à corrente de carvão.

O rendimento e química dos reagentes do gás e carvão que entram na unidade de plasma são preferivelmente mantidos sob condições de estado estacionário. Isto deve ser obtível pelo controle fechado do sistema de preparação de alimentação e gaseificador primário a montante da unidade de plasma.

O tipo, proporção e taxas de adição totais de oxidante à unidade de plasma serão rigorosamente controlados e tomarão em consideração vários fatores:

- o rendimento e química tanto de reagentes de carvão quanto de gás;
- o conhecimento de que a adição de vapor como um oxidante é eficaz em garantir taxas de reação rápidas com o carvão sólido pirolisado e produtos de fuligem na fase de gás. Isto pode ajudar a controlar a estabilidade térmica da unidade de plasma, evitando a possibilidade de “descontrole” térmico;
- a adição de oxigênio gera calor como um resultado das reações de combustão exotérmicas (parcial) que ocorrem;
- é provável que o vapor será usado em combinação com oxigênio ou ar enriquecido com oxigênio por razões de economia, eficácia da gaseificação do carvão, eficiência de destruição dos orgânicos, qualidade e valor calorífico do produto de gás e controlabilidade global do processo;
- ar pode ser usado em combinação ou como uma

alternativa para oxigênio. Embora o ar seja barato para o uso, ele é termicamente menos eficiente do que o oxigênio, produz um produto de gás de calorífico muito mais baixo (devido ao efeito de diluição de nitrogênio) e pode gerar NOx como um subproduto; e

- 5 • a economia de processo global, (que será sensível aos
fatores locais).

Se a composição química e rendimento em massa dos reagentes no geral são constantes, então a razão de oxidante para as correntes de reagentes (contendo o resíduo) também preferivelmente será mantida em um valor constante. Um aumento na taxa de alimentação dos, reagentes preferivelmente levará a um aumento proporcional na taxa de adição de oxidante, que pode ser controlada por meios de adição de oxidante automáticos. A energia elétrica fornecida ao plasma também preferivelmente será ajustada para igualar a mudança na taxa de alimentação do resíduo à unidade de plasma e tomará em consideração a termoquímica do sistema e as perdas térmicas da unidade.

O gás que sai da unidade de plasma pode ser mantido em uma temperatura maior do que 1000°C, preferivelmente entre 1000°C e 1500°C, o mais preferivelmente entre 1000°C e 1300°C. Temperaturas do gás de saída excessivas (isto é > 1300 °C) não são desejáveis visto que isto aumenta a necessidade de aquecimento da energia de plasma, reduzindo a exportação de rede de eletricidade da planta.

Preferivelmente, o gás produzido do tratamento de plasma de gás é usado em uma turbina ou motor a gás para gerar eletricidade. A turbina pode ser uma turbina de vapor de caldeira convencional ou turbina a gás. O gás de síntese que resulta do tratamento de processo de plasma é preferivelmente esfriado ou deixado esfriar a uma temperatura abaixo de 200°C antes do uso em uma turbina. Isto permite que os componentes parcialmente queimados do gás, por exemplo, monóxido de carbono, sejam

queimados completa e eficientemente. Adicionalmente, se o gás de síntese do tratamento de plasma for esfriado usando um sistema de troca de calor que transfere o calor a um outro gás (transferência de calor), preferivelmente o gás transferência de calor é usado para aquecer uma turbina de vapor para a
5 geração de energia adicional.

A unidade de plasma preferivelmente compreende um revestimento soldado com aço inoxidável ou carbono revestido com tijolos revestidos refratários de grau alto.

Preferivelmente, a unidade de plasma compreende elementos
10 de cobre esfriados em água remotos, que preferivelmente serão utilizados para efetivamente conter a(s) fase(s) inorgânica(s) fundida(s). Estes elementos preferivelmente agem para formar uma camada de fusão congelada protetora nos refratários de face quente para promover bom desempenho de refratário.

Preferivelmente, o gaseificador compreende uma porta de gás
15 de exaustão em conexão fluida com a unidade de plasma. Preferivelmente, a porta de gás de exaustão no gaseificador será rigorosamente ligada à unidade de plasma para impedir condensação de alcatrão ou sais voláteis no canal que conecta as duas unidades.

Preferivelmente, a unidade de plasma compreende um sistema
20 de eletrodo de grafita único ou duplo para gerar o arco de plasma. Três configurações possíveis e o método pelo qual elas são interconectadas ao suprimento de energia de plasma são mostradas na Figura 1. Cada um dos diagramas (a) a (c) mostra um desenho esquemático de um forno tendo dois eletrodos. O 'banho fundido' refere-se à escória fundida presente no fundo da
25 forno.

No diagrama (a), um eletrodo está localizado no topo do forno e um outro eletrodo está localizado na base do forno. Ambos os eletrodos são conectados a uma fonte de energia para permitir a geração de plasma dentro do forno.

No diagrama (b), a mesma configuração como no diagrama (a) é mostrada, com um eletrodo de início adicional (mostrado à esquerda do forno) para permitir facilidade do início do sistema de geração de plasma, como seria avaliado pela pessoa habilitada.

5 No diagrama (c), dois eletrodos conectados estão localizados no topo da unidade de plasma.

Preferivelmente, um ou mais eletrodos estarão localizados no topo da unidade de plasma. A unidade de plasma pode compreender preferivelmente selos de eletrodo esfriados em água nas entradas e saídas da
10 unidade.

Preferivelmente, o(s) eletrodo(s) de grafita será(ão) perfurados, e um gás de estabilização de plasma (por exemplo, nitrogênio ou argônio) será injetado abaixo do centro do(s) eletrodo(s).

15 Opcionalmente, os eletrodos são revestidos com um material refratário (por exemplo, revestimento de alumina) de modo a reduzir o uso do eletrodo.

Opcionalmente uma ou mais maçaricos de plasma esfriados em água podem ser usados para gerar o plasma.

20 A unidade de plasma pode compreender uma ou mais portas de alimentação para a introdução do resíduo de carvão do processo de gaseificação. Preferivelmente, o resíduo de carvão é introduzido na unidade de plasma por intermédio de uma ou mais portas de alimentação no topo da unidade. As portas de alimentação preferivelmente estarão localizadas remotamente do jato de remoção de escória.

25 A unidade de plasma pode compreender uma ou mais portas de alimentação de entrada de gás para a introdução do gás de saída na unidade de plasma; as portas de alimentação podem ser localizadas em uma parede lateral ou no topo da unidade de plasma. O gás carregado com alcatrão (o gás de saída) do gaseificador preferivelmente entrará na unidade de plasma

através de uma porta na parede lateral ou topo. Preferivelmente, a unidade de plasma será designada a impedir ou minimizar o circuito curto do gás sujo, por exemplo:

- preferivelmente, o ponto de saída para o gás reformado (o gás de síntese) será diametralmente oposto e tão remoto quanto prático ao ponto de entrada dos gases e/ou
- o gás de saída preferivelmente será forçado a jusante na unidade de plasma (por exemplo, por dispositivos de direção de fluxo ou então localizando-se a porta de exaustão em um nível mais baixo do que o ponto de entrada de gás deste modo reduzindo o efeito de flutuabilidade dos gases.)

A unidade de plasma será designada a garantir tempo de residência adequado para que tanto as reações de reforma de carvão quanto de gás ocorram.

- 15 O oxidante pode ser injetado na unidade de plasma para permitir a gaseificação do componente de carbono do carvão e reformação do fluxo de gás carregado com alcatrão, sujo (o gás de saída) da unidade do gaseificador.

- 20 O ponto de injeção de oxidante preferivelmente será remoto dos eletrodos para impedir taxas de uso de grafita altas.

- 25 A unidade de plasma pode compreender pontos separados e múltiplos de injeção para o oxidante, idealmente pelo menos um para o ponto de injeção para o gás de saída e pelo menos uma ponto de injeção para o resíduo de carvão. Alternativamente, o carvão e gás de saída podem ser introduzidos através de um único ponto de injeção.

Um meio de injeção pode ser fornecido na unidade de plasma para a injeção do oxidante e o meio de injeção é preferivelmente tal que quando injetado um fluxo radial de oxidante resultará. Isto melhoraria o contato entre as fases de “combustível” oxidante e reagente (isto é, o gás de

saída e o carvão).

O carvão pode conter uma fração inorgânica, isto é, componentes sólidos contendo elementos outros que não carbono. A fração inorgânica do carvão formará uma fase de “escória” de óxido complexo fundida que, preferivelmente, será continuamente removida da unidade de plasma. A unidade portanto pode compreender um meio para remover a fase de escória, que pode estar na forma de um jato de descarga de escória disposto em ângulo a montante (para o exterior da unidade), assim a escória fundida que sai da unidade de plasma criará uma trava a ar para impedir que o ar entre ou o gás saia da unidade.

Durante o uso, a unidade de plasma preferivelmente será firmemente selada. A unidade preferivelmente será mantida sob pressão positiva.

Preferivelmente, um flange aparafusado, impermeável ao gás será usada para selar o topo à seção principal do corpo do forno. Preferivelmente, os parafusos com flange serão forçados por ação de mola para garantir que no evento improvável de sobrepressão alta na unidade de plasma, (por exemplo, como um resultado de uma explosão) o topo será elevado para permitir a dissipação rápida da pressão. Os gases de escape serão cuidadosamente manejados por intermédio de um sistema de manejo de emissões fugitivas.

A presença de fuligem de carbono ou outros depósitos condutivos na unidade pode encorajar a geração de arcos laterais (também referidos como arcos parasíticos) que emanam do(s) eletrodo(s) e transferem ao topo ou às paredes laterais da unidade ao invés de à fusão. Os arcos laterais tendem a ser destrutivos, levando à falha prematura do revestimento do reator. Várias medidas podem ser adequadas para impedir que o desenvolvimento do arco lateral ocorra:

- preferivelmente, o topo da unidade de plasma será

construído em seções que serão eletricamente isoladas entre si.

• Atenção cuidadosa será dada do projeto do selo de eletrodo para evitar a possibilidade de rastreamento elétrico ao topo. Todos os parafusos de retenção, que seguram o selo preferivelmente serão eletricamente isolados e, preferivelmente, protegidos de poeira para evitar a formação de poeira em superfícies eletricamente condutivas.

• A purga de gás preferivelmente será utilizada em torno do lado de fora do(s) eletrodo(s) para impedir a formação de depósitos em superfícies que estão em proximidade imediata ao eletrodo.

• A unidade é preferivelmente adaptada em um modo que minimizará a produção de fuligem ou produtos de alcatrão

• Todos os selos serão designada a ser fáceis para limpar e/ou substituir se necessário.

A composição de gás de saída preferivelmente será continuamente monitorada e um circuito de controle de retroalimentação pode ser utilizada para ajustar a energia e taxa de alimentação de oxidante à unidade de plasma.

O gás reformado (gás de síntese), que resulta do tratamento de plasma, preferivelmente será mais limpo para remover gases ácidos, particulados e metais pesados do fluxo de gás para produzir um combustível que pode ser usado na geração de eletricidade e calor para elevar o vapor.

Opcionalmente, o aparelho pode compreender ainda uma unidade de pirólise.

O processo pode compreender ainda coletar o gás produzido na unidade de tratamento de plasma (comumente chamado um gás de síntese).

Tipicamente, a unidade de tratamento de plasma gerará um material sólido e/ou fundido, como seria conhecido à pessoa habilitada. O processo pode compreender ainda coletar o material sólido e/ou fundido produzido na unidade de tratamento de plasma.

O aparelho pode compreender ainda uma unidade para a digestão microbiana aeróbica do resíduo que pode ser como descrito aqui.

Como mencionado acima, o processo preferivelmente compreende ainda submeter o resíduo à digestão microbiana, mais preferivelmente digestão microbiana aeróbica, antes da etapa de gaseificação. Isto tem as vantagens adicionadas de produzir uma carga de alimentação mais homogênea com um teor calorífico mais alto e menos teor de umidade do que o resíduo não processado, que leva em consideração um processo de gaseificação e plasma combinado muito mais eficiente. O processo de gaseificação é muito mais eficiente com uma carga de alimentação de valor calorífico relativamente compatível. Do mesmo modo, foi descoberto que um tratamento de plasma eficiente idealmente deveria ter uma alimentação relativamente homogênea de gás de saída. Tratando-se o resíduo inicialmente com um tratamento microbiano para homogeneizar o resíduo introduzido ao gaseificador, o gás de saída resultante do gaseificador também é mais compatível em valor calorífico e conseqüentemente o processo como um todo é mais eficiente.

Preferivelmente, a digestão microbiana aeróbica é realizada em uma unidade de digestão aeróbica rotativa.

Preferivelmente, o resíduo é girado na unidade de digestão aeróbica rotativa em uma taxa de uma revolução a cada minuto a uma revolução a cada dez minutos.

O teor de umidade do resíduo antes da digestão aeróbica pode ser de 20 a 75% em peso, preferivelmente 25 a 50% em peso.

Preferivelmente, o resíduo tem um nível de umidade médio de 45% ou menos, preferivelmente 30% ou menos, depois do tratamento por digestão aeróbica.

A etapa de digestão microbiana preferivelmente compreende as etapas de:

misturar um (primeiro) fornecimento de resíduo tendo um primeiro nível de umidade médio antes do tratamento com um fornecimento de outro resíduo, tendo um nível de umidade médio mais baixo antes do tratamento, em que as quantidades relativas em peso do primeiro resíduo e do outro resíduo são controladas, alimentar o resíduo misto em um vaso de tratamento microbiano, tratar o resíduo por atividade microbiana no vaso de tratamento, o resíduo misto sendo agitado durante o tratamento, o teor de oxigênio no gás em contato com o resíduo misto sendo controlado durante o processo de tratamento de modo que ele não caia abaixo de 5% em volume, o resíduo misto tendo um nível de umidade médio depois do tratamento não excedendo 45% em peso, mais preferivelmente não excedendo 35% de peso e mais preferivelmente não excedendo 25%.

A secagem subsequente do produto a um teor de umidade médio abaixo de 20% em peso pode ser realizada relativamente de maneira fácil. Preferivelmente, o primeiro fornecimento de resíduo compreende resíduo orgânico, preferivelmente resíduo orgânico sólido. O outro resíduo pode compreender resíduo sólido.

A parte do aparelho da presente invenção para realizar a digestão microbiana preferivelmente compreende:

um fornecimento para um primeiro resíduo tendo um primeiro nível de umidade médio antes do tratamento e um fornecimento para outro resíduo tendo um nível de umidade médio mais baixo antes do tratamento,
meios para misturar o primeiro resíduo e o outro resíduo,
meios de controle para controlar as quantidades relativas em peso do primeiro resíduo e outro resíduo misturados entre si,
meios para alimentar o primeiro resíduo e o outro resíduo a um vaso de tratamento,
meios para agitar o resíduo orgânico sólido no vaso de tratamento,

meios de secagem seguindo o vaso de tratamento e

meios para controlar o fluxo de ar através do vaso de tratamento, e/ou a entrada do primeiro resíduo e outro resíduo sólido ao vaso de tratamento, de modo que o nível de umidade médio do resíduo depois do tratamento, não excede 45% em peso, mais preferivelmente não excedendo 35% em peso e mais preferivelmente não excedendo 35% em peso, e de modo que o teor de oxigênio do gás em contato com o resíduo misto no vaso não caia abaixo de 5% em volume.

Variações na composição física (por exemplo teor calorífico) e nível de umidade do primeiro resíduo (tipicamente resíduo doméstico, mas também resíduo possivelmente agrícola) podem ser ‘aperfeiçoadas’, de modo que um produto formado do resíduo tratado de áreas diferentes ou períodos de tempo diferentes pode ser relativamente homogêneo.

O resíduo, o primeiro e/ou o outro resíduo, tratado usando a etapa microbiana é preferivelmente “resíduo orgânico”, preferivelmente resíduo orgânico sólido, por exemplo resíduo doméstico, resíduo industrial ou resíduo agrícola. “Resíduo orgânico” é o resíduo que tem pelo menos uma proporção de material orgânico capaz de ser tratada microbiologicamente. O outro resíduo misturado com o primeiro resíduo preferivelmente também contém material orgânico.

Por, “mistura” é significado que pelo menos duas fontes separadas de resíduo são coletadas e alimentadas no vaso de tratamento microbiano em quantidades relativas controladas em peso. O resíduo das duas fontes diferentes pode ser misturado em um dispositivo de mistura ou em um desfibrador ou elas podem ser misturadas durante agitação no vaso de tratamento.

A etapa de digestão microbiana preferivelmente produzirá calor. Esta decomposição química é acelerada por mudanças na natureza física do resíduo. Tipicamente, a atividade microbiana é atividade bacteriana.

Preferivelmente, a atividade microbiana é aeróbica.

O processo de digestão microbiana é preferivelmente realizado usando bactérias na fase termofílica, que normalmente ocorre na faixa de temperatura de 60°C a 75°C, mais preferivelmente em torno de 63°C a 70°C.

5 Nesta fase, a digestão muito rápida ocorre na produção de calor. É descoberto que a reação na fase termofílica é muito mais rápida do que a fase mesofílica comumente usada que ocorre na faixa de 30°C a 38°C.

Conseqüentemente, a decomposição acelerada do resíduo ocorre. Entretanto, se a temperatura eleva-se acima de 75°C, existe um risco
10 de que as bactérias serão destruídas.

A reação microbiana na fase termofílica resulta na geração natural de calor que decompõe quimicamente o resíduo para produzir um material que é adequado para o processamento para fornecer um combustível ou adubo composto. A reação microbiana quase sempre fornecerá calor
15 suficiente para manter por si só sem o fornecimento de calor suplementar. Entretanto, na prática, a mistura química do resíduo pode levar a um aumento na temperatura que auxilia o começo da atividade microbiana.

Outro material pode ser adicionado ao vaso de tratamento microbiano, por exemplo cal viva, para controlar o pH.

20 Preferivelmente o nível de oxigênio no gás que está em contato com o resíduo que é tratado na etapa de digestão microbiana não cai abaixo de 5% em volume.

O vaso de tratamento para realizar a digestão microbiana não é normalmente enchido completamente, existe assim um espaço de gás acima
25 do resíduo que é tratado. O teor de oxigênio neste espaço de gás é adequadamente medido e preferivelmente controlado. A pessoa habilitada estará ciente de técnicas adequadas para medir e controlar o teor de oxigênio. O nível de umidade também pode ser medido, como descrito abaixo.

Preferivelmente, o teor de oxigênio (e, opcionalmente nível de

umidade) do gás removido do vaso de tratamento (como será descrito mais abaixo) é medido. Isto é um arranjo particularmente conveniente.

5 O gás no vaso de tratamento microbiano tipicamente compreenderá nitrogênio atmosférico, oxigênio, dióxido de carbono e vapor d'água. Este gás pode não conter nenhum metano, amônia ou sulfeto de hidrogênio, visto que a atividade microbiana é realizada na fase termofílica.

10 De modo a manter o nível de oxigênio acima de 5% em volume, ar ou oxigênio podem ser fornecidos ao vaso de tratamento. Ar ou oxigênio podem ser fornecidos continuamente pelo menos por toda parte do processo ou em entradas separadas de ar/oxigênio.

De modo a substituir o oxigênio que promove a digestão aeróbica e a controlar o nível de umidade no gás de saída, (o gás que sai do vaso de tratamento microbiano) uma taxa de fluxo de ar relativamente alta é necessária.

15 O ar pode ser fornecido por alguma forma de tiragem forçada. Por exemplo, um ventilador pode ser fornecido. O ventilador pode soprar ar no vaso de tratamento microbiano. Entretanto, é preferido que exista um ventilador para tirar o gás do vaso de tratamento microbiano. Onde meios de extração são fornecidos para retirar o gás do vaso de tratamento microbiano, 20 ele pode ser substituído pelo ar fornecido através de pelo menos um duto. O ar pode ser fornecido ao vaso de tratamento microbiano intermitentemente, mas ele é preferivelmente fornecido substancial e continuamente. O vaso de tratamento microbiano pode não ser substancialmente selado, assim que contanto que o gás seja removido, o ar naturalmente fluirá através de 25 aberturas para substituir o gás removido.

Visto que ar fresco é fornecido ao vaso de tratamento microbiano e visto que o gás é removido deste vaso, o vapor d'água será removido do resíduo. Isto ajuda a controlar o efeito de secagem, levando a um produto tendo um nível de umidade médio dentro da faixa desejada.

O ar fornecido ao vaso de tratamento microbiano pode ser previamente seco por qualquer aparelho adequado, para maximizar o efeito de secagem.

5 De acordo com um aspecto preferido da invenção, o nível de umidade no gás em contato com o resíduo no vaso de tratamento microbiano é mantido em um nível abaixo de seu ponto de condensação. Isto garante que a água é substancial e continuamente removida do resíduo que é tratado no espaço de gás por evaporação.

10 Meios podem ser fornecidos no vaso de tratamento microbiano para monitorar o nível de umidade no espaço de gás. Quaisquer meios adequados podem ser utilizados para medir o nível de umidade.

15 O nível de umidade no vaso de tratamento microbiano pode ser mantido abaixo do ponto de condensação fornecendo-se ar que tem um nível de umidade abaixo do ponto de condensação do resíduo que é tratado na temperatura de tratamento. Visto que a temperatura da digestão microbiana será tipicamente mais alta do que a temperatura ambiente, ar fresco normal pode ser usado. Alternativamente, o ar seco, tendo um nível de umidade abaixo do nível de umidade do ar ambiente, pode ser usado. As características principais do processo que mantêm o nível de oxigênio dentro da faixa
20 necessária também podem ser usadas para manter o nível de umidade dentro da faixa necessária.

O fluxo de ar e gás através do vaso de tratamento microbiano também remove o calor desta parte do aparelho. É descoberto que um equilíbrio térmico adequado pode ser obtido. Isto é, a geração de calor pela
25 atividade microbiana dentro da massa concentrada de resíduo pode ser equilibrado com a remoção de calor pelo gás que flui através do vaso assim que a temperatura é mantida em um nível desejável.

Preferivelmente, o resíduo deve ser agitado durante a digestão microbiana. Isto fornece outra decomposição química do resíduo e mistura

para garantir que os micróbios são difundidos por todo o material. Ele também expõe partes diferentes do resíduo ao gás para garantir acesso do oxigênio ao resíduo e secagem do resíduo pelo gás. A agitação pode ocorrer por quaisquer meios adequados, mas é particularmente preferido que a digestão ocorra em uma unidade de digestão aeróbica rotativa, isto é uma unidade contendo um tambor aeróbico rotativo.

O tambor pode ser girado em qualquer taxa adequada, e adequadamente completa uma revolução em uma faixa de tempo de 1 minuto a 10 minutos, preferivelmente 2 a 5 minutos, mais preferivelmente cerca de 3 minutos. Entretanto, uma taxa mais alta de rotação pode ser usada durante o carregamento e descarregamento do resíduo dentro/fora da unidade de digestão microbiana, de modo a auxiliar estas operações. Tipicamente, a velocidade pode ser aumentada a uma revolução por minuto durante o carregamento e descarregamento.

Como será descrito mais abaixo, o tambor é adequada e simultaneamente carregado com resíduo em uma extremidade e descarregado com resíduo microbiologicamente tratado em sua outra extremidade. O carregamento e descarregamento tipicamente ocorrem em 4 intervalos freqüentes e podem consumir 30 minutos.

O tambor preferivelmente compreende um cilindro em seção circular de lado substancialmente paralelo. O eixo do cilindro pode ser inclinado para a horizontal, por exemplo em um ângulo na faixa de 3° a 10° mais preferivelmente 5° a 8°, para fornecer fluxo gravitacional através do tambor.

Qualquer tamanho adequado de tambor pode ser fornecido, dependendo da taxa de consumo do resíduo. Foi descoberto que, para uma taxa de processamento de cerca de 250 a 500 toneladas por dia, um tambor de diâmetro na faixa de 3,5 a 6 m, preferivelmente 4 a 6 m mais preferivelmente em torno de 5,5 m deve ser usado. O comprimento deve estar na faixa de 6 a

10 vezes o diâmetro, mais preferivelmente cerca de 8 vezes o diâmetro, adequadamente até 40 m.

O tambor pode ser usado de qualquer material adequado, por exemplo aço macio.

5 Um tambor rotativo tem a vantagem de que ele é mecanicamente simples. Existem relativamente poucos problemas de bloqueio e muito poucas partes moventes, que reduz o risco de decomposição química.

10 A agitação causada pela rotação leva ao atrito do resíduo, contribuindo ainda para sua decomposição química. Preferivelmente, o tambor é enchido a um nível alto com resíduo, preferivelmente sendo inicialmente 75% a 90% cheio em volume. Isto leva ao atrito aumentado, geração de calor rápida e também ao uso eficiente do vaso de tratamento microbiano.

15 O tempo de residência médio do resíduo no vaso de tratamento microbiano está adequadamente na faixa de 18 a 60 horas, mais preferivelmente em torno de 24 a 48 horas, mais preferivelmente em torno de 36 horas.

20 O vaso de tratamento microbiano preferivelmente compreende um vaso através de qual o resíduo é movido durante o tratamento, por exemplo um tambor como descrito acima. O resíduo adequadamente move-se de um ponto de carregamento a um ponto de descarregamento dentro do tambor. Como observado acima, o carregamento e descarregamento adequadamente ocorrem substancial e simultaneamente, com o resíduo fresco
25 (microbiologicamente não tratado) sendo carregado na extremidade do carregamento e resíduo tratado sólido misto sendo removido na extremidade de descarregamento. A operação de carregamento e/ou descarregamento pode consumir 10 a 40 minutos, preferivelmente cerca de 30 minutos.

Uma operação de descarregamento ou operação de

carregamento é preferivelmente espaçada da operação de descarregamento ou carregamento seguinte respectivamente por um período na faixa de 2 a 8 horas, preferivelmente 3 a 5 horas, mais preferivelmente em torno de 4 horas. Deste modo, um processo de “semi lote” processo pode ser realizado.

5 Durante o processamento, é descoberto que o volume do material pode diminuir tanto quanto em 25%. O espaço de gás sobre o material conseqüentemente aumentará.

O material de resíduo deve ser descartado do vaso de tratamento em um estágio em que o material de resíduo tratado é
10 suficientemente digerido e suficientemente seco. Isto tipicamente ocorre depois de um período de cerca de 48 horas. Restringindo-se o tempo de residência para 48 horas ou menos, a perda adicional de carbono pode ser reduzida.

Verificou-se que o tratamento microbiano é eficaz em reduzir
15 o tamanho de alguns constituintes do resíduo. Não obstante, outros processos para auxiliar a redução do tamanho dos constituintes do resíduo podem ser usados. Por exemplo, de modo a promover a atividade microbiana, alguns parâmetros do resíduo alimentado à etapa de digestão são preferivelmente controlados.

20 Por exemplo, o resíduo é preferivelmente tratado em um primeiro processo antes da etapa de digestão (ou da etapa de gaseificação, se o processo não incluir uma etapa de tratamento microbiano) para remover partículas de tamanho em excesso de 100 mm, preferivelmente 60 mm, mais preferivelmente 50 mm. Este primeiro processo pode compreender uma
25 primeira etapa em que objetos muito grandes são removidos, por exemplo manualmente ou por triagem e uma segunda etapa em que o material remanescente é tratado para reduzir seu tamanho de partícula, por exemplo por desfibramento. A pessoa habilitada na técnica será capaz de obter aparelho de desfibramento adequado. Os desfibradores podem ter um rotor

fixo ou dois rotores de contra-rotação.

Alternativamente, (antes da etapa microbiana ou de gaseificação), o resíduo pode ser submetido a uma operação para reduzir seu tamanho de partícula, por exemplo por desfibramento sem inicialmente remover as partículas enormes. A operação de desfibramento é particularmente benéfica para o processo de tratamento microbiano, visto que ela mistura o material completamente, difundindo a cultura microbiana por todo o material e inicia uma reação termofílica muito rapidamente. O desfibramento pode ser usado para reduzir o espaçamento entre as partículas para promover a reação microbiana.

O segundo parâmetro que pode ser controlado é o teor de umidade médio de pelo menos um pouco do resíduo tratado na etapa de tratamento microbiano. O nível de umidade médio desta parte do resíduo está adequadamente na faixa de 20 a 75%, mais preferivelmente 30 a 60%, mais preferivelmente 30 a 50%.

Todos os níveis de umidade cotados aqui são% em peso. Eles são valores médios, sendo ponderados para quantidades de pelo menos 100 kg de resíduo.

Os níveis de umidade de resíduo podem ser medidos medindo-se o nível de umidade do ar ou gás sobre o resíduo em uma temperatura fixa e em equilíbrio com ele.

Se o resíduo depois da mistura for baixo em teor orgânico ou nível de umidade, a água do processo pode ser preferivelmente adicionada em quantidades controladas. Esta água do processo é preferivelmente água residual do tratamento de água, mais preferivelmente lamas de depuração desidratadas. Este material tem um alto teor de nitrogênio e age como um catalisador para a reação microbiana.

Como mencionado acima, um nível desejável de umidade do resíduo tratado na etapa de tratamento microbiano pode ser obtido

combinando-se um primeiro resíduo com outro resíduo de um nível de umidade médio mais baixo. É descoberto que o resíduo doméstico misto tipicamente tem um nível de umidade em excesso de 30% em peso. O resíduo comercial de escritórios e fábricas é tipicamente mais seco, tendo um nível de umidade na faixa de 10% a 30% em peso.

O nível de umidade do resíduo alimentado ao digestor pode ser manejado alterando-se as razões de mistura de tipos diferentes de resíduo. Preferivelmente pelo menos parte do resíduo alimentado ao digestor microbiano tem um nível de umidade na faixa de 20 a 75% em peso, preferivelmente 25 a 65% em peso de modo a promover a reação termofílica mais rápida. Entretanto, parte do resíduo alimentado ao digestor pode compreender um resíduo comercial relativamente seco. O calor gerado pela digestão do resíduo úmido é suficiente para tratar o total do resíduo alimentado ao vaso de tratamento. Entretanto, durante o processo de agitação, o resíduo comercial e doméstico são lentamente misturados entre si reduzindo o teor de umidade global da mistura, assim que no final do processamento, o nível de umidade não excede 45% em peso e preferivelmente não excede 25% em peso.

O primeiro resíduo com nível de umidade mais alto pode ser combinado com outro resíduo com nível de umidade mais baixo no aparelho de combinação em uma maneira controlada. As quantidades relativas de tipos diferentes de resíduo são controladas assim que o nível de umidade médio desejado sobre as massas combinadas de resíduos mistos for obtido como explicado acima.

A etapa de combinação também permite que o material absorvente tal como papel e material com base em papel (que é particularmente comum no resíduo comercial) seja combinado intimamente com o resíduo úmido (tal como resíduo doméstico). O material absorvente absorve o líquido rico em bactérias, fornecendo um substrato para as bactérias

crescerem e permitindo que as bactérias sejam difundidas por todo o resíduo que é processado. Isto promove a reação e mistura, levando a uma digestão melhorada. Além disso, a umectação do papel ajuda-o a ser decomposto quimicamente.

5 No processamento do resíduo na etapa de tratamento microbiano, é desejável produzir um produto que é substancialmente homogêneo, tal que seus constituintes são partículas que têm uma distribuição de tamanho relativamente pequena, as partículas têm uma medição maior de 50 mm ou abaixo. A etapa de combinação ajuda a melhorar a homogeneidade
10 do produto.

Entretanto, embora a combinação ocorra, é descoberto que o nível de umidade permanece concentrado em áreas locais do resíduo, onde ele é suficientemente alto para permitir que a reação termofílica comece e proceda muito rapidamente.

15 As quantidades relativas de tipos diferentes de alimentação de resíduo podem ser controladas usando alimentadores de pesagem automática.

Por via de exemplo, o nível de umidade do resíduo durante o tratamento microbiano pode ser como segue:

20 O resíduo doméstico com um alto teor orgânico e nível de umidade acima de 50% pode ser misturado com o resíduo comercial tendo um nível de umidade de 20% ou abaixo em uma razão adequada para fornecer uma combinação tendo um nível de umidade médio na faixa de 45 a 55% em peso.

25 Durante a digestão microbiana, uma parte da umidade é absorvida pelo gás e o ar que fluir sobre o material sendo processado. O nível de umidade médio pode cair em torno de 30 a 40% em peso, preferivelmente 25 a 30% em peso.

Durante esvaziamento do vaso de tratamento microbiano, o resíduo que ainda tem um nível de calor residual alto, pode ser seco por uma

tiragem forçada como descrito acima, assim que o nível de umidade cai para a faixa de 30 a 40% em peso, preferivelmente 25 a 30% em peso.

5 O resíduo tratado na etapa de digestão microbiana depois pode ser seco ainda em um pavimento de secagem como descrito acima, assim que o nível de umidade cai abaixo de 25% em peso.

Um outro parâmetro que pode ser manejado é o pH do resíduo no processo de tratamento microbiano. Este pH do resíduo no processo de tratamento microbiano é preferivelmente de 6,0 a 8,5, preferivelmente 6,3 a 7,3, mais preferivelmente em torno de 6,8.

10 O nível de nitrogênio tem um impacto na atividade microbiana, e o ajuste do pH e teor de nitrogênio pode ser vantajoso.

Verificou-se ainda que a densidade do resíduo alimentado ao vaso de tratamento microbiano é adequadamente não muito baixo. Preferivelmente, a densidade não é menos do que 450 g por litro, preferivelmente não menos do que 750 g por litro. Novamente, a etapa de combinação é particularmente útil aqui. O resíduo doméstico pode ter uma densidade relativamente alta. A densidade média pode ser controlada misturando-se uma quantidade adequada de resíduo comercial, que tem uma densidade comparativamente baixa.

20 Tratamento Preliminar

Como descrito acima, o resíduo pode ser submetido a vários tipos de tratamento antes da etapa de gaseificação ou digestão microbiana ('etapas prévias'). Preferivelmente, as etapas prévias incluem qualquer um ou todos os seguintes:

25 1. Picotamento

O tratamento inicial para remover objetos que não são facilmente inflamáveis, tais como pedra, concreto, metal, pneus velhos etc. Objetos tendo um tamanho em excesso de 100 mm ou mais também podem ser removidos. O processo pode ser realizado em uma superfície fixa, tal

como um pavimento de picotamento. Alternativa ou adicionalmente, o resíduo pode ser carregado em uma superfície movente tal como um transportador e passado através de uma estação de picotamento em que o picotamento mecânico ou manual do material ocorre.

5 2. Desfibramento

O desfibramento é uma etapa altamente preferida. Ele é realizado para reduzir o tamanho de partícula médio. Ele também pode ser usado para aumentar a combinação do resíduo a partir de fontes diferentes. Ele também torna o processo de tratamento mais eficaz. É descoberto que, durante o processo de desfibramento, a atividade microbiana pode começar e rapidamente elevar a temperatura passando muito rapidamente através da fase mesofílica na fase termofílica.

3. Triagem

O resíduo pode ser mecanicamente triado para selecionar partículas com tamanho em uma faixa dada. A faixa dada pode ser de 10 mm a 50 mm. O material menor do que 10 mm em tamanho compreende poeira, sujeira e pedras e é rejeitado. O resíduo pode ser tratado a pelo menos dois processos de triagem em sucessão, cada um removendo progressivamente frações menores de partículas. O material removido no processo de triagem como sendo muito grande pode ser desfibrado para reduzir seu tamanho médio. O material que é classificado pela triagem como sendo de tamanho aceitável e, onde aplicável, o material desfibrado depois pode ser alimentado ao vaso de tratamento.

Tratamento Subseqüente

25 O resíduo pode ser submetido a várias etapas depois da etapa de tratamento de digestão microbiana e antes da etapa de gaseificação. Estas etapas podem incluir qualquer um dos seguintes:

1. Graduação

O material pode ser triado para remover partículas em excesso

de um tamanho dado. Por exemplo, partículas em excesso de 50 mm podem ser rejeitadas. Elas podem ser subsequëntemente desfibradas para reduzir seu tamanho, devolvidas ao digestor aeróbico ou simplesmente rejeitadas.

2. Separação de Metal

5 Partículas de metal relativamente pequenas tais como ferro ou alumínio podem ter passado através do sistema. Elas podem ser removidas, por exemplo por uma remoção magnética ou eletromagnética em uma etapa subsequente. As partículas de metal removidas do sistema depois podem passar a um processo de reciclagem adequado.

10 3. Secagem

Adequadamente, depois do tratamento no vaso de tratamento microbiano, o resíduo é submetido a uma etapa de secagem adicional. Se o nível de umidade não exceder 45% em peso, mais preferivelmente não exceder 35% em peso e mais preferivelmente não exceder 25% em peso,
15 depois do tratamento microbiano, a secagem subsequente pode ser realizada relativamente de modo simples. Por exemplo, em um primeiro estágio de secagem, uma tiragem forçada de ar pode ser fornecida durante ou depois da fase de descarregamento do vaso de tratamento. Durante este estágio, o resíduo tratado pelo estágio de digestão microbiana ainda estará em
20 temperatura alta (por exemplo na faixa de 50 a 60°C) e mais umidade pode ser removida simplesmente forçando-se o ar sobre ele. Uma outra etapa de secagem pode compreender dispor o material em um pavimento de secagem. Nesta etapa, o resíduo é disposto em uma espessura de não mais do que 20 cm sobre uma área relativamente grande durante um período adequado de tempo,
25 durante o qual o nível de umidade cai. O resíduo pode ser agitado, por exemplo por rotação usando aparelho mecânico ou manual tal como uma escavadeira mecânica. O resíduo pode ser girado em intervalos por exemplo de 2 a 4 horas preferivelmente em torno de 3 horas. Preferivelmente, durante este estágio, o nível de umidade cai a abaixo de 25% em peso depois de que

nenhuma outra decomposição biológica ocorre. Adequadamente, o resíduo é deixado em um pavimento de secagem durante um período na faixa 18 a 48 horas, preferivelmente 24 a 36 horas, mais preferivelmente em torno de 24 horas. Também é descoberto que outra secagem pode ocorrer durante o processamento subsequente, devido à entrada mecânica de energia. O aquecimento do resíduo a partir de outro equipamento de processo, por exemplo da gaseificação e/ou da etapa de tratamento de plasma, pode ser usado para secar o material. O ar aquecido pelo calor gerado na gaseificação e/ou etapas de tratamento de plasma pode ser soprado no vaso de tratamento de resíduo microbiano e sobre ou através do resíduo para aumentar a taxa de secagem, destes processos.

Alternativamente, o aparelho de secagem pode compreender um secador por vaporização rotativo ou outro dispositivo de secagem.

4. Peletização

De modo a converter o resíduo tratado a combustível, o resíduo pode ser classificado de acordo com o tamanho e subsequentemente densificado para fornecer pelotas de tamanho adequado para o uso na etapa de gaseificação. Durante este estágio de peletização, outra secagem do resíduo pode ocorrer, devido à geração de calor causada por atrito e devido à outra exposição ao ar. Preferivelmente, de modo que a peletização proceda bem, o nível de umidade do material tratado está na faixa de 10 a 25% em peso.

Verificou-se que a etapa de tratamento microbiano pode ser adaptada para fornecer um combustível para o uso na etapa de gaseificação, referido como Hulha Verde, que tem um valor calorífico na ordem de 14,5 MJ/kg que é cerca de metade daquele da hulha industrial.

Combinando-se fontes diferentes de material de resíduo, o combustível produzido pela etapa de tratamento microbiano em tempos diferente ou com resíduo de locais diferentes pode ser relativamente homogêneo em termos de:

1. Valor calorífico - adequadamente na faixa de 13 a 16,5 MJ/kg, preferivelmente 12 a 15 MJ/kg. O valor calorífico pode ser mais alto se os conteúdos fossem significativamente secos.

2. Densidade - adequadamente na faixa de 270 a 350 kg/m³ mais preferivelmente em torno de 300 kg/m³.

3. Nível de umidade - abaixo de 30% em peso e preferivelmente em torno de 20% em peso.

O processo da presente invenção pode compreender uma etapa de pirólise antes da etapa de gaseificação, e depois da etapa de digestão microbiana, se usada. O resíduo que resulta da etapa de digestão microbiana pode ser usado para fornecer uma alimentação a um processo de pirólise, como descrito abaixo.

O aparelho da presente invenção pode incluir meios para alimentar o resíduo microbiologicamente tratado a partir do vaso de tratamento a um meio para pirolisar o resíduo tratado (isto é uma unidade de pirólise).

Se o processo envolve uma etapa de pirólise antes da etapa de gaseificação, preferivelmente o resíduo pirolisado é alimentado à unidade de gaseificação, onde a gaseificação ocorre. Isto normalmente requererá que o material pirolisado esteja em uma temperatura alta e o processo de gaseificação preferivelmente ocorre diretamente depois do processo de pirólise.

O aparelho pode compreender uma unidade de digestão microbiana em conexão fluida com a unidade de gaseificação, e a unidade de gaseificação pode estar em conexão fluida com a unidade de tratamento de plasma, para permitir que o resíduo tratado do tratamento microbiano seja transportado à unidade de gaseificação, e para permitir que o gás de saída e o carvão que resultam da etapa de gaseificação sejam transportados à unidade de tratamento de plasma.

O aparelho pode ser adaptado para tratar o resíduo em um processo contínuo. A etapa de digestão microbiana tipicamente pode ser realizada em uma forma semi às porções, ao passo que a pirólise e processos de gaseificação tipicamente requerem uma alimentação contínua de material, um meio de armazenamento de íterim, por exemplo na forma de um alimentador pode ser fornecido. É preferido que exista um primeiro meio de liberação para receber o resíduo tratado do processo de tratamento microbiano e alimentá-lo nos meios de armazenamento de íterim e um segundo aparelho de alimentação para alimentar o resíduo tratado armazenado dos meios de armazenamento de íterim ao aparelho de pirólise ou ao aparelho de gaseificação. O segundo meio de alimentação é preferivelmente operado substancial e continuamente. O primeiro e segundo aparelhos de alimentação podem compreender quaisquer meios adequados, por exemplo correias de transporte ou alimentadores de rosca.

Uma forma de realização preferida do processo da presente invenção é ilustrada na Figura 2, que mostra:

uma primeira etapa em que o resíduo bruto é submetido à digestão microbiana aeróbica em uma unidade de digestão aeróbica rotativa (RAD),

uma segunda etapa compreendendo gaseificar os produtos da etapa de digestão rotativa em uma unidade de gaseificação (gaseificador), que produz um gás de saída e um carvão,

uma terceira etapa compreendendo tratar o carvão e o gás de saída a um processo de tratamento de plasma em uma unidade de plasma (forno de plasma), produzindo um escória sólida vitrificada (que é descartada) e um gás de síntese,

uma quarta etapa compreendendo a limpeza do gás de síntese,

uma quinta etapa compreendendo consumir o gás de síntese ou queimar o gás de síntese em um motor a gás ou turbina a gás (denominado um

'ilha de energia' na Figura) para produzir energia elétrica, e depois consumir o gás de síntese queimado. O calor produzido na queima do gás de síntese ou na etapa de plasma pode ser usado para secar o material de resíduo (não mostrado).

5 Uma outra forma de realização preferida do processo da presente invenção é ilustrada na Figura 5, que mostra:

 Etapa A, em que o resíduo bruto é submetido à digestão microbiana aeróbica em uma unidade de digestão aeróbica rotativa (RAD),

10 Etapa B, em que a carga de alimentação de resíduo que resulta da Etapa A é tratada em um gaseificador, para produzir um gás de saída e um carvão, ambos dos quais depois são tratados em uma unidade de plasma a 1500°C,

 Etapa C, em que os gases quentes produzidos nas Etapas B e/ou I são esfriados em um sistema de esfriamento de gás,

15 Etapa D, que compreende opcionalmente tratar o gás a uma etapa de limpeza,

 Etapa E, que compreende opcionalmente comprimir e armazenar o gás,

20 Etapa F, em que o gás da etapa E é passado através de uma turbina a gás, que é diretamente ligada a um gerador (EG2 - não mostrado) para gerar eletricidade,

 Etapa G, em que o gás é passado através de um gerador de vapor de recuperação de calor,

25 Etapa H, que envolve consumir o gás a uma pilha e monitorar o gás de combustão,

 Etapa I, em que o vapor de pressão alta da etapa C e/ou G é passado através de uma turbina a vapor para gerar eletricidade com o gerador de eletricidade 1 (EG1). O vapor de pressão baixa da turbina é passado por intermédio de um condensador ligado fechado a uma torre de esfriamento

separada na Etapa J e a um sistema de água de alimentação na etapa K. A eletricidade gerada na Etapa I e/ou F pode ser distribuída na Etapa L a qualquer parte do aparelho (representado pela etapa M) ou transferido externamente (etapa N).

5 Como indicado acima oxigênio e/ou vapor podem ser introduzidos à unidade de gaseificação ou unidade de pirólise e/ou unidade de tratamento de plasma.

A presente invenção agora será exemplificada ainda nos Exemplos não limitados seguintes.

10 Exemplos

Configuração e operação do gaseificador (ver a Figura 3)

O FBG (gaseificador de leito fluidizado), compreende um vaso de aço macio vertical, cilíndrico revestido com um revestimento refratário compósito. As dimensões externas do revestimento do gaseificador são de
15 1,83 m de diâmetro x 5,18 m de altura e o diâmetro interno é de 0,254 m; a altura do leito expandido é de aproximadamente 1,0 m.

O FBG usa um leito aquecido de particulados cerâmicos de silicato de alumina como o meio do leito. A carga de alimentação de RDF (combustível derivado de resíduo) é alimentada continuamente, em uma taxa
20 controlada, ao FBG 1 através de um sistema alimentador de combustível sólido. A alimentação igualmente recebida é transferida por um transportador de correia 2 a um alimentador de compensação 3 onde um transportador de rosca de velocidade variável controla a taxa de alimentação volumétrica dos sólidos. Estes descarregam em uma câmara de vácuo. Um transportador de
25 rosca de velocidade constante é utilizado para transferir a alimentação da câmara de vácuo ao leito fluidificado 1 onde ele é carregado acima da superfície superior do leito. A purga de gás inerte adicional inerte gás é usada no alimentador e na câmara de vácuo para impedir que o ar entre ou o gás saia no fluxo de alimentação.

Um sistema de pré aquecimento de leito subjacente abastecido com combustível propano é usado para elevar a temperatura do leito a 420°C. Neste momento pelotas de madeira são alimentadas através de um alimentador separado na câmara de vácuo para elevar a temperatura do leito a 600°C quando o fornecimento de propano secundário é descontinuado, depois a 700°C o fornecimento de propano primário é desligado. A alimentação de pelota de madeira é continuada para atingir a temperatura de operação de 800 a 850°C quando ela é substituída por RDF.

Oxigênio é fornecido a partir de uma embalagem múltipla 'Titan' de 10 a 11 cilindros. A taxa de fluxo é controlada através de um controlador de fluxo de massa (MFC) calculado até 500 Nlpm.

Os oxidantes: oxigênio e vapor, são misturados antes de injeção através de um bocal faceando a montante localizado abaixo do leito. As taxas de alimentação de vapor e oxigênio individuais são rigorosamente medidas para igualar-se à taxa de alimentação do RDF para garantir que o gaseificador opere dentro dos limites de operação do projeto.

Sensores de pressão e temperatura múltiplos são usados para monitorar e controlar rigorosamente a operação de FBG. Conexões de segurança são construídas para garantir suspensão ou alarme seguros do sistema no evento da unidade que cai fora dos limites operacionais específicos.

O gás de saída que sai do FBG é transferido à unidade conversora de plasma 4 em um duto de aço revestido refratário 5.

Configuração do conversor de plasma

Um desenho esquemático do conversor de plasma (excluindo o arranjo de eletrodo e manipulador) é fornecido na Figura 4 e compreende as seções seguintes:

i) Um revestimento de aço macio revestido refratário 6 com uma camisa de esfriamento de água de pele dupla adicional na seção de

revestimento superior e uma série de ligadores de cobre esfriados em água 7 que fornecem proteção adicional para os refratários na linha de escória. O refratário é um espinélio de alumina fundido contendo 91% de Al_2O_3 , 7% de MgO e 2% de CaO com um limite de serviço máximo de 1800°C. Uma barra 5 de aço cilíndrica de 150 mm de diâmetro na base do conversor fornece o eletrodo de retorno (ânodo) para a operação de eletrodo única. Um sangrador 8 na soleira de forno leva em consideração a remoção intermitente da escória fundida. O conversor tem aberturas na região de revestimento superior para o monitoramento da pressão e para a observação da câmara. As temperaturas 10 refratárias são monitoradas em oito locais usando termopares do tipo B (até 1800°C) e no eletrodo de retorno em duas locais usando termopares do tipo K (até 1300°C).

ii) Um topo com camisa de água cônico de aço macio, revestido com refratário 9 com cinco aberturas grandes: uma porta central 15 para o trabalho de eletrodo único 10, uma porta lateral para a alimentação de gás da alimentação de FBG 11 uma porta isenta de gás 12 e uma porta para alimentação de sólidos do material de leito desproporcionado (não mostrado) e uma porta de acesso geral sobressalente 13. Também existe uma porta de câmara menor que aloja uma câmara de vídeo remota pequena em um estojo 20 protetor que leva em consideração a observação do interior do conversor de plasma. Existem dois furos de termopar para o monitoramento de temperatura refratária como acima. O topo também fornece pontos de localização para manipuladores de eletrodo e para a canalização isenta de gás.

iii) Uma plataforma de suporte de aço 14, montada em rodas 25 de serviço pesado e trilhos de estrada de ferro para a remoção e instalação fáceis do conversor de plasma.

iv) Eletrodo 15 e Sistema Manipulador 16 onde o movimento do eletrodo cátodo é controlado por um manipulador central, de eixo único (vertical apenas), que consiste de uma guia deslizante linear de serviço pesado

acionado por intermédio de um servo-motor e caixa de câmbio. O dispositivo de grampeamento de eletrodo 17 é fixo à placa do carro e a montagem total é montada em anéis de cerâmica e fibra de vidro eletricamente isolantes e espaçadores para impedir o arqueamento lateral do dispositivo de plasma. A base do manipulador é transposta por uma montagem de selo contendo uma junta de vedação esfriada em água tipo selo para que o maçarico ou eletrodo passem dentro do conversor de plasma. Os diâmetros do eletrodo de até 100 mm podem ser acomodados através desta porta central e o curso máximo é de 1000 mm. O eletrodo de grafita é centralmente perfurado e gás de plasma inerte é injetado através deste conduto.

O uso do manipulador único leva em consideração o modo de operação de eletrodo único (cátodo) e o caminho de retorno para a corrente é por intermédio de um eletrodo de retorno de aço na base do conversor (ânodo).

Em operação, o gás de saída sujo do gaseificador flui por intermédio de um duto refratário revestido ao conversor de plasma. Oxigênio e vapor adicionais são axialmente injetados no fluxo de gás no ponto de entrada no conversor.

A temperatura alta e a adição de oxidantes no estágio conversor promovem o craqueamento e reforma de espécie orgânica e gaseificação de produtos fuliginosos e de carvão. A energia para o arco de plasma é controlada para manter uma temperatura de gases que saem da unidade a ~ 1000 a 1300°C. Os particulados de cinzas que são transportados do gaseificador cairão fora e serão assimilados na fusão. Depois do tratamento na unidade conversora o gás de síntese sai por intermédio de uma segunda porta de gás na base da unidade.

Exemplo 1: Tratamento de pelota de madeira de biomassa

A metodologia geral para tratar a pelota de madeira é como fornecido acima. A taxa de alimentação de pelotas de madeira ao gaseificador

ponderou 42 kg/h. Um resumo das condições de operação utilizadas no FBG para manter a temperatura do leito em torno de 800°C e no conversor de plasma para fornecer uma temperatura de exaustão (estimada) de 1250°C é fornecido na Tabela 4. Estas figuras estão em correlação fechada às necessidades de operação teoricamente derivadas.

Tabela 4 Condições de operação exemplares para o tratamento de biomassa (pelota de madeira)

Item	Gaseificador	Conversor de Plasma
Entrada da alimentação de RDF (kg/h)	42	
Entrada de energia (kW)		79
Argônio (lpm)	50	130
Oxigênio (Nlpm)	189	61
Vapor (kg/h)	14	0

Exemplo 2: Tratamento do material de RDF

A metodologia para o tratamento do material de RDF é como fornecido acima. O RDF foi obtido de uma planta de tratamento térmico comercial. A composição geral deste material é fornecida na Tabela 1 acima. Os materiais foram alimentados em uma taxa média de 40,5 kg/h ao gaseificador. Um resumo das condições de operação utilizadas no FBG para manter a temperatura do leito em torno de 800°C e no conversor de plasma para fornecer uma temperatura de exaustão (estimada) de 1250°C é fornecido na Tabela 5. Foi observado que existiu novamente boa correlação entre os valores teóricos e experimentalmente derivados.

Tabela 5 Condições de operação exemplares para o tratamento de combustível derivado de resíduo

Item	Gaseificador	Conversor de plasma
Entrada da alimentação de RDF (kg/h)	40,5	-
Entrada de energia (kW)	-	70
Argônio (lpm)	50	130
Oxigênio (Nlpm)	189	61
Vapor (kg/h)	14	0

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para o tratamento de resíduo, caracterizado pelo fato de que compreende:

5 (i) uma etapa de gaseificação compreendendo tratar o resíduo em uma unidade de gaseificação (1) na presença de oxigênio e vapor para produzir um gás de saída e um material de carvão sólido não transportado por ar, e

10 (ii) uma etapa de tratamento de plasma compreendendo submeter o gás de saída e o material de carvão sólido não transportado por ar a um tratamento de plasma em uma unidade de tratamento de plasma (4) na presença de oxigênio e, opcionalmente, vapor, em que a unidade de tratamento de plasma (4) é separada da unidade de gaseificação (1).

15 2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o processo compreende ainda submeter o resíduo a uma etapa de digestão microbiana antes da etapa de gaseificação.

20 3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o processo compreende adicionalmente uma etapa de pirólise antes da etapa de gaseificação e, quando a etapa de digestão microbiana está presente, dita etapa de pirólise ocorre depois de dita etapa de digestão microbiana.

4. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o resíduo é gaseificado durante a etapa de gaseificação em uma temperatura entre 650°C e 1000°C, preferivelmente em uma temperatura entre 800°C a 950°C.

25 5. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a quantidade de oxigênio introduzido à unidade de gaseificação (1) durante a etapa de gaseificação é de 300 a 350 kg por 1000 kg de resíduo alimentado na unidade de gaseificação.

6. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações

precedentes, caracterizado pelo fato de que a quantidade de vapor introduzido à unidade de gaseificação (1) durante a etapa de gaseificação é de 0 a 350 kg por 1000 kg de resíduo alimentado na unidade de gaseificação.

5 7. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a etapa de gaseificação é realizada em uma unidade de gaseificação de leito fluidizado (1).

8. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o resíduo é alimentado à unidade de gaseificação (1) através de um dispositivo de trava a ar.

10 9. Processo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a digestão microbiana é a digestão microbiana aeróbica.

10. Processo de acordo com a reivindicação 9 caracterizado pelo fato de que a digestão microbiana aeróbica é realizada em uma unidade de digestão aeróbica rotativa.

15 11. Processo de acordo com a reivindicação 9 ou 10, caracterizado pelo fato de que o resíduo é girado na unidade de digestão aeróbica rotativa em uma taxa de uma revolução a cada minuto a uma revolução a cada dez minutos.

20 12. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 9 a 11, caracterizado pelo fato de que o teor de umidade do resíduo antes da digestão microbiana é de 20 a 75% em peso.

13. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações de 9 a 12, caracterizado pelo fato de que o resíduo tem um nível de umidade médio entre 25 a 30% em peso depois do tratamento por digestão microbiana.

25 14. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a unidade de gaseificação (1) e a unidade de tratamento de plasma (4) estão em conexão fluida.

15. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a razão de oxigênio para vapor na

etapa de tratamento de plasma é de 10:1 a 2:5, em peso.

16. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o tratamento de plasma do resíduo é realizado em uma temperatura de 1100 a 1600°C.

5 17. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o tratamento de plasma do resíduo é realizado na presença de um gás de estabilização de plasma.

10 18. Processo de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o gás de estabilização de plasma é selecionado de um ou mais de nitrogênio, argônio, hidrogênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono e vapor.

19. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que compreende ainda coletar o gás produzido na unidade de tratamento de plasma (4).

15 20. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que compreende ainda coletar o material sólido e/ou fundido produzido na unidade de tratamento de plasma (4).

20 21. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o gás produzido a partir do tratamento de plasma do gás é usado em um motor a gás ou turbina a gás para gerar eletricidade.

25 22. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que compreende ainda a etapa de secar o resíduo antes de seu tratamento na etapa de gaseificação ou pirólise.

23. Processo de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que o resíduo é seco usando-se o calor produzido em qualquer uma das outras etapas do processo.

24. Processo de acordo com as reivindicações 22 ou 23,

caracterizado pelo fato de que o resíduo é seco soprando-se ar aquecido ou vapor sobre ou através do resíduo.

5 25. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o resíduo compreende combustível derivado de resíduo.

26. Aparelho para realizar o processo como definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende:

(i) uma unidade de gaseificação (1), e

10 (ii) uma unidade de tratamento de plasma (4), a qual é separada da unidade de gaseificação,

em que a unidade de gaseificação (1) tem uma entrada para oxigênio e opcionalmente uma entrada para vapor e a unidade de tratamento de plasma (4) tem uma entrada para oxigênio e opcionalmente uma entrada para vapor, e meios são providos para transportar o gás de saída e o material de carvão sólido não transportado por água da unidade de gaseificação ou unidade de pirólise para a unidade de tratamento de plasma.

27. Aparelho para realizar o processo como definido na reivindicação 26, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente uma unidade de digestão microbiana.

20 28. Aparelho de acordo com a reivindicação 26 ou 27, caracterizado pelo fato de que a unidade de gaseificação (1) é adaptada para gaseificar o resíduo em uma temperatura entre 650°C a 1000°C.

25 29. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações de 26 a 28, caracterizado pelo fato de que a unidade de gaseificação (1) contém um dispositivo de trava a ar através do qual o resíduo pode ser introduzido na unidade de gaseificação.

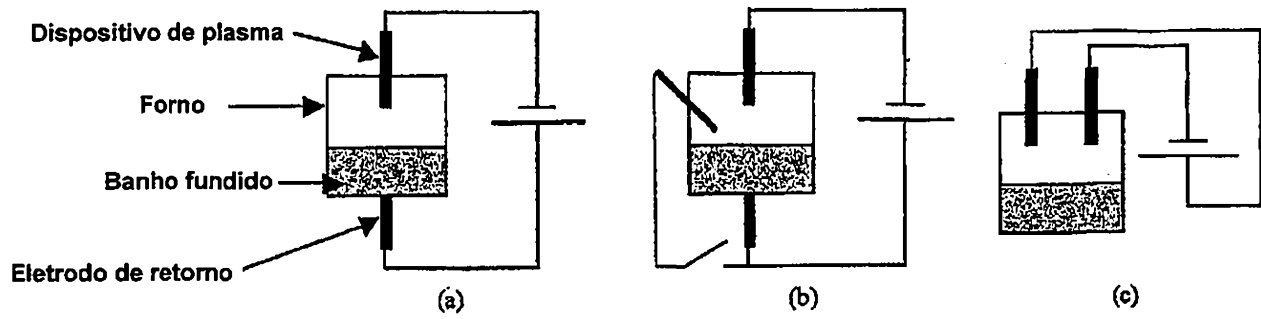
30. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações de 27 a 29, caracterizado pelo fato de que a unidade para a digestão microbiana do resíduo é uma unidade de digestão aeróbica rotativa.

31. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações de 26 a 30, caracterizado pelo fato de que compreende uma unidade de digestão microbiana, e a unidade de digestão microbiana está em conexão fluida com a unidade de gaseificação, e a unidade de gaseificação (1) está em
5 conexão fluida com a unidade de tratamento de plasma (4), para permitir que o resíduo tratado do tratamento microbiano seja transportado à unidade de gaseificação, e para permitir que o gás de saída e carvão que resultam da etapa de gaseificação sejam transportados à unidade de tratamento de plasma.

32. Aparelho de acordo com a reivindicação 31, caracterizado
10 pelo fato de que o aparelho é adaptado para tratar o resíduo em um processo contínuo.

33. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações de 26 a 32, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um motor a gás ou turbina a gás para gerar eletricidade, a turbina estando em conexão fluida
15 com a unidade de plasma, assim que o gás tratado de plasma da unidade de plasma pode ser alimentado à turbina.

34. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações de 26 a 32, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma unidade de pirólise.

**Figura 1**

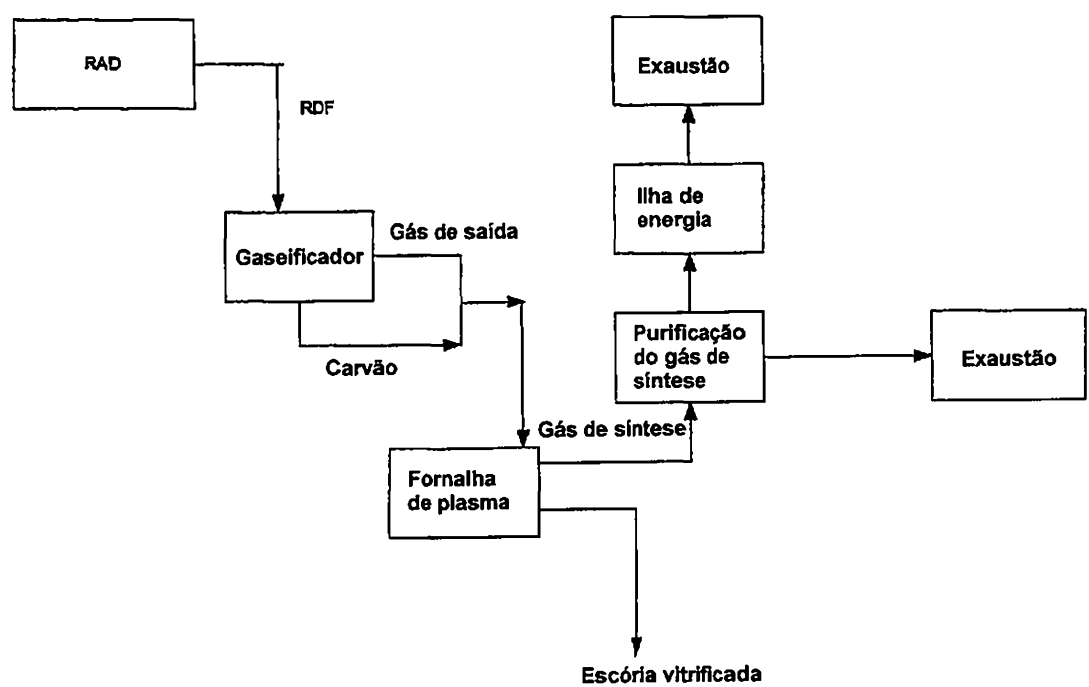


Figura 2

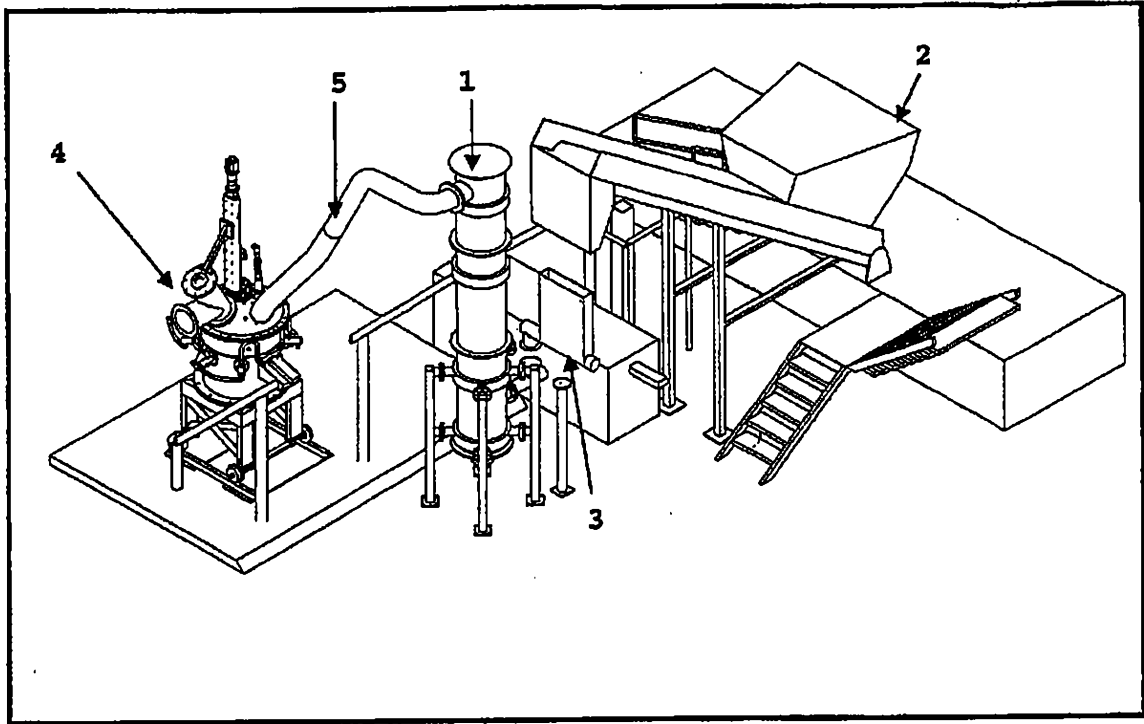


Figura 3

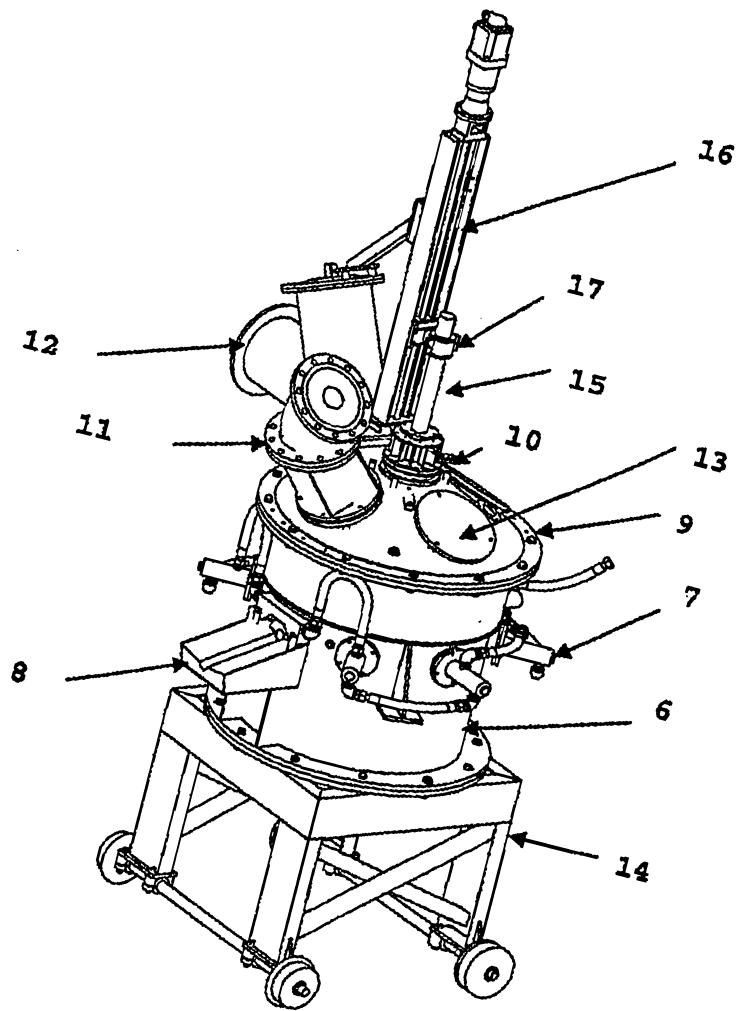


Figura 4

Figura 5

