



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

(21) PI 0719436-6 A2



(22) Data de Depósito: 28/09/2007
(43) Data da Publicação: 10/12/2013
(RPI 2240)

(51) Int.Cl.:
F23G 5/12

(54) Título: SISTEMA DE ENERGIA DE BIOMASSA INTEGRADO

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 29/09/2006 US 60/848,466

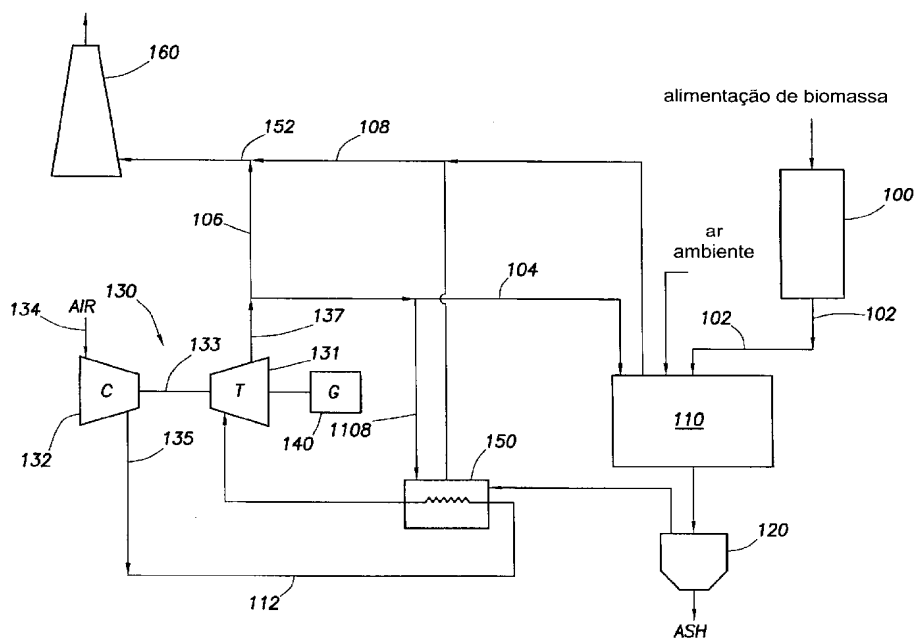
(73) Titular(es): Zilkha Biomass Energy Llc

(72) Inventor(es): Alvin D. Short, Carl E. Linderoth, Clifford T. Mcconnell, Gerald R. Elliott, Meherwan P. Boyce, Phiroz M. Boyce

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2007079895 de
28/09/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/091415 de
31/07/2008



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SISTEMA DE ENERGIA DE BIOMASSA INTEGRADO"**.

O presente pedido de patente reivindica o benefício do Pedido de Patente Provisório US N° 60/848,466, depositado em 29 de setembro de 2006 (pendente).

Antecedente:

Há um número de indústrias que geram grandes quantidades de biomassa. Dois exemplos são as indústrias de produtos florestais e as agrícolas. Por exemplo, nas indústrias de produtos florestais, grandes quantida-

10 des de biomassa são geradas, incluindo serradura, cascas, galhos, ramos e outros resíduos de madeira. Do mesmo modo, nas agroindústrias, cada ciclo resulta em grandes quantidades de resíduos de biomassa, incluindo o bagaço, sabugo de milho, casca de arroz, e aparas de pomar e de vinhas. O resíduo adicional de biomassa que é gerado também inclui lama e estrume. Apesar da grande quantidade que é produzida, o referido resíduo de biomassa

15 pode ser economicamente utilizado de forma fácil para fins comerciais.

Devido às suas utilizações limitadas, muitas vezes a biomassa tem um valor baixo (ou, por vezes, negativo) no mercado. Além disso, a biomassa é um produto combustível e, portanto, é frequentemente utilizada

20 para a geração de energia. Além disso, uma vez que a biomassa é um recurso renovável e porque libera a mesma quantidade de carbono para a atmosfera que é liberada quando se decompõe naturalmente, a utilização da biomassa para a geração de energia pode resolver vários problemas enfrentados com os combustíveis fósseis convencionais.

A técnica mais comum para a geração de energia usando biomassa é utilização de turbinas a vapor. A referida técnica requer a queima da biomassa em uma caldeira para produzir vapor. O vapor é então utilizado para acionar uma turbina a vapor, que, por sua vez, impulsiona um gerador para produzir eletricidade. A caldeira tem tecnologia tipicamente de menor

25 eficiência em geral, e custos operacionais e de capital mais elevados do que a combustão direta de sistemas de turbina discutidos abaixo. Outra técnica que tem sido desenvolvida para o uso da biomassa para a geração de ener-

30

gia é a gaseificação. Na gaseificação, a biomassa é convertida em um gás combustível, que pode então ser usado como combustível para gerar eletricidade, por exemplo, através de uma turbina a gás. As técnicas de gaseificação geralmente têm menor eficiência térmica e custos operacionais e de capital mais elevados do que os sistemas de energia de turbina a gás diretamente acionados discutidos abaixo.

Como uma alternativa para as técnicas de geração de vapor e gaseificação, os sistemas de energia que geram eletricidade pelo acionamento de turbinas a gás, utilizando combustíveis sólidos, como a biomassa, também têm sido utilizados. Os sistemas de energia por turbinas de gás que operam com combustíveis sólidos podem ser concebidos tanto como um sistema de acionamento direto como indireto. Os referidos sistemas tipicamente têm vários componentes primários, incluindo um compressor de ar, ou uma caldeira ou forno incinerador, uma turbina e um gerador elétrico. O gerador elétrico e o compressor de ar são movidos pela energia criada pela expansão do ar quente comprimido através da turbina. O referido ar quente comprimido para a expansão em toda a turbina é gerado através da compressão do ar no compressor e o consequente aquecimento do ar comprimido com a energia térmica gerada pelo forno ou incinerador.

Em sistemas de acionamento indireto, o forno ou incinerador normalmente funciona como uma unidade funcional separada de uma unidade funcional contendo o compressor do ar e a turbina. A referida concepção de acionamento indireto protege a turbina a gás de efluentes corrosivos e partículas em suspensão, que estão tipicamente presentes nos gases de escape a quente de um forno ou incinerador de biomassa, utilizando um permutador de calor de alta temperatura. No permutador de calor de alta temperatura, os dutos contendo o ar comprimido vindo do compressor podem ser colocados nas proximidades de dutos suportando gases de escape altamente aquecidos provenientes do forno ou incinerador, resultando em troca de calor dos gases de escape quentes para o ar comprimido. O referido ar aquecido e comprimido, em seguida, movimenta a turbina que, por sua vez, impulsiona o compressor de ar e o gerador elétrico. Para além dos cus-

tos mais elevados de capital e custos operacionais, os referidos sistemas de acionamento indireto são dotados de uma menor eficiência térmica do que os sistemas de acionamento direto.

Em sistemas de acionamento direto, o combustível sólido é queimado em um incinerador pressurizado, e os gases aquecidos efluentes do incinerador são ventilados diretamente na turbina. O incinerador é parte de uma unidade integrada, pressurizada, que inclui o compressor e a turbina. Em muitos casos, um equipamento de purificação de gás pode ser utilizado entre o incinerador e a turbina para reduzir a entrada de efluentes corrosivos e partículas em suspensão na turbina.

Sumário

Em uma modalidade da presente invenção, um sistema de turbina a gás por combustão de biomassa indiretamente acionado compreende uma câmara de combustão para a combustão de partículas de biomassa para produzir um gás de combustão, um permutador de calor proporcionando uma relação de troca de calor entre o gás da combustão a partir da câmara de combustão e o ar comprimido, e uma turbina a gás que compreende uma seção de turbina que compreende uma seção de entrada em comunicação com o permutador de calor para receber o ar comprimido aquecido a partir do permutador de calor, no qual a seção da turbina é impulsionada pelo aquecimento do ar comprimido.

Em outra modalidade da presente invenção, um sistema de turbina a gás por combustão de biomassa indiretamente acionado pode compreender um sistema de alimentação de combustível e uma câmara de combustão ciclônica para a combustão de partículas de biomassa para produzir um gás de combustão e partículas de cinzas, a câmara de combustão ciclônica compreendendo uma camisa de combustão que forma uma câmara de combustão, em geral dotada de uma forma cilíndrica, e com uma zona de ignição, uma zona combustão, e uma zona de diluição dispostas longitudinalmente ao longo do eixo da câmara de combustão, com um componente tangencial, uma pluralidade de algaravizes de ar formados através da camisa de combustão para receber o ar, nos quais a pluralidade de algaravizes

de ar está disposta para introduzir o ar na câmara de combustão com um componente tangencial, no qual a pluralidade de algaravizes de ar é espaçada ao longo do comprimento da camisa de combustão sobre a entrada de alimentação de biomassa, na qual a pluralidade de algaravizes de ar fornece uma quantidade suficiente de ar para a zona de ignição para a ignição das partículas da biomassa para iniciar a combustão, na qual a pluralidade de algaravizes de ar fornece uma quantidade suficiente de ar para a zona de combustão completar a combustão das partículas da biomassa a partir da zona de ignição, e na qual a pluralidade de algaravizes de ar fornece uma quantidade suficiente de ar para a zona de diluição para diluir o gás de combustão a uma temperatura adequada para uso em uma turbina a gás.

O sistema de turbina a gás alimentado por biomassa indiretamente acionado pode ainda compreender um permutador de calor proporcionando uma relação de troca de calor entre o gás de combustão da câmara de combustão e o ar comprimido. Além disso, o sistema de turbina a gás alimentado por biomassa indiretamente acionado pode incluir a turbina a gás, compreendendo uma seção de turbina que compreende uma seção de entrada em comunicação com o permutador de calor para receber o ar comprimido aquecido a partir do permutador de calor, no qual a seção de turbina é impulsionada pelo ar comprimido aquecido.

Em ainda uma outra modalidade da presente invenção, um sistema de turbina a gás alimentado por biomassa indiretamente acionado pode incluir um sistema de alimentação de combustível e uma câmara de combustão ciclônica para a combustão de partículas de biomassa para produzir um gás de combustão e partículas de cinzas, a câmara de combustão ciclônica compreendendo: uma camisa de combustão formando uma câmara de combustão dotada de geralmente uma forma cilíndrica, uma a entrada de alimentação de biomassa em uma extremidade da câmara de combustão formada através da camisa de combustão para receber partículas de biomassa de um sistema de alimentação de combustível, na qual a alimentação de biomassa é formada de modo que as partículas de biomassa são introduzidas na câmara de combustão por um componente tangencial, uma plurali-

dade de algaravizes de ar formados através da camisa de combustão para receber o ar, nos quais a pluralidade de algaravizes de ar está disposta para introduzir o ar na câmara de combustão com um componente tangencial, nos quais a pluralidade de algaravizes de ar é espaçada ao longo do comprimento da camisa de combustão a partir da entrada de alimentação de biomassa, um separador ciclônico de cinzas compreendendo: um elemento de obstrução compreendendo uma abertura de área de seção transversal reduzida, em comparação com a área da seção transversal da câmara de combustão, no qual o elemento de obstrução é dotado de uma entrada em comunicação com a saída da câmara de combustão para receber o gás de combustão da câmara de combustão, e uma abertura de partículas de cinzas definida entre o elemento de obstrução e a camisa de combustão, na qual pelo menos uma porção das partículas de cinzas sai da câmara de combustão através da abertura de partículas de cinzas. O sistema de turbina a gás alimentado por biomassa indiretamente acionado pode ainda compreender um permutador de calor proporcionando uma relação de troca de calor entre o gás de combustão a partir de câmara de combustão e o ar comprimido, e uma turbina a gás compreendendo uma seção de turbina que compreende uma seção de entrada em comunicação com o permutador de calor para receber o ar comprimido aquecido a partir do permutador de calor, no qual a seção da turbina é impulsionada pelo aquecimento do ar comprimido.

Em ainda uma outra modalidade da presente invenção, um método para disparar indiretamente uma turbina a gás pode compreender o fornecimento de partículas de biomassa para uma câmara de combustão, o fornecimento de ar para a câmara de combustão, a queima das partículas de biomassa na câmara de combustão para produzir uma combustão, o fornecimento de gás de combustão de uma câmara de combustão para um permutador de calor, o fornecimento de ar comprimido para o permutador de calor, permitindo a transferência de calor a partir do gás de combustão para o ar comprimido dentro do permutador de calor; o fornecimento de ar comprimido aquecido a partir do permutador de calor para uma turbina a gás que compreende uma seção de turbina, e permitindo o ar comprimido aquecido

se expanda através da seção de turbina da turbina a gás de modo a gerar a energia mecânica.

Breve Descrição das Ilustrações

5 A figura 1 é uma ilustração esquemática de um sistema de turbina a gás exemplar alimentado por biomassa indiretamente acionado, em conformidade com uma modalidade da presente invenção.

A figura 2 é uma ilustração esquemática de uma câmara de combustão exemplar de acordo com uma modalidade da presente invenção.

10 Figura 3 é uma vista transversal da entrada de alimentação tomada ao longo das linhas 3-3 da Figura 2.

A figura 4 é uma vista transversal da entrada de ar tomada ao longo das linhas 4-4 da Figura 2.

A figura 5 é uma vista transversal da entrada de ar tomada ao longo das linhas 5-5 da Figura 2.

15 A figura 6 é uma ilustração esquemática de uma câmara de combustão exemplar de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

20 A figura 7 é uma ilustração esquemática de uma câmara de combustão exemplar de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A figura 8 é uma ilustração esquemática de uma câmara de combustão exemplar contendo um separador de cinzas ciclônico de acordo com uma modalidade da presente invenção.

25 A figura 9 mostra uma vista frontal de um permutador de calor, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

A figura 10 mostra uma vista de cima do permutador de calor da Figura 9.

A figura 11 mostra uma vista de extremidade do permutador de calor da Figura 9.

30 A figura 12 mostra uma vista em perspectiva do permutador de calor da Figura 9.

Descrição Detalhada

A figura 1 ilustra esquematicamente um novo sistema de turbina a gás alimentado por biomassa indiretamente acionado. O referido sistema de turbina a gás alimentado por biomassa pode ser especialmente adequado para sistemas de energia de pequena escala, por exemplo, para a geração de menos de cerca de 10 megawatts e, em alguns exemplos, no intervalo de cerca de 0,5 a cerca de 10 megawatts. O sistema descrito na figura 1 geralmente compreende o sistema de alimentação de combustível 100, a câmara de combustão 110, o separador ciclônico cinzas 120, permutador de calor 150, a turbina a gás 130, e o gerador 140. As partículas de biomassa são fornecidas para o sistema de alimentação de combustível 100 substancialmente em pressão atmosférica. O sistema de alimentação de combustível 100 fornece partículas de biomassa para a câmara de combustão 110 substancialmente à pressão de funcionamento da câmara de combustão 110 através da linha de alimentação de combustível 102. As modalidades de câmara de combustão exemplares 110 são descritas em mais detalhes no que diz respeito às Figuras 2 e 6-8.

As partículas de biomassa fornecidas ao sistema de alimentação 100 podem compreender qualquer fonte apropriada de biomassa, incluindo serradura, cascas, galhos, ramos, outros resíduos de madeira, bagaço de cana, sabugo de milho, casca de arroz, aparas de pomar e vinha, lama, estrume, e suas combinações. As partículas de biomassa fornecidas ao sistema de alimentação 100 devem ser dotadas de um tamanho de partícula adequado para a combustão ciclônica. Por exemplo, as partículas de biomassa podem ser dimensionadas para que tenham uma dimensão principal de menos de cerca de 3 milímetros ("mm"). Além disso, as partículas de biomassa também podem ser dotadas de um teor de umidade adequado para combustão ciclônica, por exemplo, as partículas de biomassa podem ser secas para que tenham um teor de umidade inferior a cerca de 30% e, de preferência, um teor de umidade na faixa de cerca de 8% a cerca de 16%. As pessoas versadas na técnica irão reconhecer que a combustão ciclônica geralmente pode ter diferentes requisitos de alimentação (por exemplo, tamanho e umidade) do que outros tipos de combustão.

As partículas de biomassa são queimadas na câmara de combustão 110. A combustão ciclônica das partículas de biomassa produz partículas de cinzas e um gás de combustão quente e sob pressão em uma temperatura, por exemplo, na faixa de cerca de 982,22°C (1800°F) acerca de 5 1537,77°C (2800°F) e, em algumas modalidades, no intervalo de cerca de 1204,44°C (2200°F) acerca de 1315,55°C (2400°F).

Ar também é fornecido à câmara de combustão 110 através da linha de alimentação de ar de escape 104. O ar de escape pode ser fornecido em uma câmara de combustão 110 de modo a promover movimento ciclônico dentro da câmara de combustão 110. Por exemplo, como ilustrado 10 pelas figuras 4 e 5, o ar de escape pode ser fornecido à câmara de combustão 110 tangencialmente. Além de proporcionar suficiente oxigênio para a combustão, uma quantidade suficiente do ar de escape também pode ser fornecida à câmara de combustão 110 para diluir o gás de combustão para 15 que ele tenha uma temperatura adequada para a utilização no permutador calor 150, por exemplo, uma temperatura inferior acerca de 1204,44°C (2200°F) e, em um exemplo, no intervalo de cerca de 815,55°C (1500°F) acerca de 1204,44°C (2200°F). A câmara de combustão 110 pode ter uma saída para o gás de combustão direto para a pilha 160.

20 O gás de combustão e as partículas de cinzas produzidas pela combustão de partículas de combustão são então fornecidos ao separador de cinzas ciclônico 120. O separador ciclônico de cinzas 120 utiliza forças centrífugas para separar as partículas de cinzas provenientes do gás de combustão. Preferencialmente, pelo menos cerca de 50% das partículas de 25 cinzas pode ser separada do gás de combustão. Aqueles versados na técnica irão reconhecer que o separador ciclônico de cinzas 120 deve separar, pelo menos uma porção (de preferência, pelo menos, uma porção substancial) das partículas maiores de cinzas (por exemplo, maiores do que cerca de 10 microns) do gás de combustão, mas pode não separar uma porção 30 substancial das partículas de cinzas menores (por exemplo, menos de cerca de 1 micron). Por exemplo, pelo menos cerca de 80% (de preferência, pelo menos cerca de 90%) das partículas de cinzas maiores do que cerca de 10

mícrons pode ser separado do gás de combustão. Um exemplo de separador ciclônico de cinzas 120 integrado com uma câmara de combustão 110 é descrito em mais detalhes no que diz respeito à figura 8.

O gás de combustão proveniente do separador ciclônico de cinzas 120 é então fornecido ao permutador de calor 150, que proporciona uma troca de calor entre o gás de combustão e o gás comprimido entrando na turbina a gás 130. A turbina a gás 130 compreende uma seção de turbina 131 e uma seção de compressor 132. A expansão do gás comprimido aquecido através da seção de turbina 131 fornece energia mecânica para conduzir a seção de compressor 132. A expansão do gás comprimido aquecido através da seção de turbina 131 também fornece a energia mecânica necessária para impulsionar o gerador 140 para gerar energia elétrica. Tal como é descrito na figura 1, a turbina a gás 130 pode ter uma única haste 133 a fim de que tanto a seção de turbina 131 quanto a seção do compressor 132 possam ser conduzidas por uma única turbina. Como alternativa, embora não figurem na seção de turbina 131, a turbina pode compreender duas hastes que operam em diferentes velocidades rotação de haste, por exemplo, uma primeira haste (não representada), pode ser usada para conduzir a seção de compressor 132 e uma segunda haste (não representada), pode ser utilizada para conduzir o gerador 140.

A turbina a gás 130 pode ser qualquer turbina a gás adequada. Por exemplo, a turbina a gás 130 pode ser uma turbina disparada a gás em que o queimador tenha sido substituído pela câmara de combustão 110. Além disso, a turbina a gás 130 pode ter qualquer um dentre uma variedade de valores relativos de pressão. Por exemplo, as turbinas de gás adequadas para a utilização podem ter valores relativos de pressão no intervalo de cerca de 8:1 acerca de 20:1. Além disso, a turbina a gás 130 pode ser capaz de executar um disparo duplo, no qual a turbina a gás pode ser disparada com um combustível auxiliar como, por exemplo, gás propano ou um combustível líquido. O combustível auxiliar pode ser utilizado, por exemplo, quando o sistema de alimentação de combustível 100 e/ou sistemas de entrada de combustível não estiverem em funcionamento, por exemplo, como quando

um ou mais destes sistemas estão desligados para manutenção.

A seção de compressor 132 puxa o ar através da entrada de ar 134. A seção de turbina 131 impulsiona a seção de compressor 132 para comprimir o ar e produzir uma corrente de ar comprimido 135. Um motor auxiliar (não representado) pode ser usado para conduzir a seção de compressor 132 durante a inicialização do sistema. Uma parte do fluxo de ar comprimido 135 pode ser fornecida para o permutador de calor 150 através da linha de alimentação de ar comprimido 112.

O fluxo de escape 137, obtido através da expansão do gás de combustão através da seção de turbina 131, pode estar perto de ou em pressão atmosférica e a uma temperatura na faixa de aproximadamente 315,55°C (600°F) acerca de 648,88°C (1200°F) e, em alguns exemplos, no intervalo de cerca de 482,22°C (900°F) acerca de 537,77°C (1000°F). Como desejado para uma determinada aplicação, o fluxo de escape 137 pode ser usado diretamente ou indiretamente para fornecer energia térmica para uma aplicação específica. Por exemplo, o fluxo de escape 137 pode ser usado para produzir vapor, aquecer outro fluido que pode ser utilizado para fins de aquecimento, pré-aquecimento das partículas de biomassa, e/ou secar as partículas de biomassa. Tal como é descrito na figura 1, uma porção 106 do fluxo de escape 137 pode ser transmitida através de uma unidade recuperação de calor (não é mostrado) (por exemplo, um permutador de calor ou secadores), de modo a proporcionar a energia térmica para uma aplicação desejada. Outra porção 104 de fluxo de escape 137 pode ser utilizada como alimentação de ar para a câmara de combustão 110. Depois de passar através da câmara de combustão 110 e do permutador de calor de 150, ela pode sair como fluxo 108. A partir da unidade recuperação de calor e/ou permutador de calor de 150, o fluxo de escape 152 sai do sistema através da pilha 160.

A figura 2 ilustra esquematicamente um exemplo de câmara de combustão ciclônica 400 para a combustão de partículas de biomassa na câmara de combustão 110. Conforme ilustrado na Figura 2, a câmara de combustão ciclônica 400 geralmente inclui um invólucro externo metálico

410, uma camisa de combustão 420 configurando uma forma substancialmente cilíndrica da câmara de combustão 110. A câmara de combustão ciclônica 400 inclui ainda uma entrada de alimentação de biomassa 414 formada através da camisa de combustão 420 para receber as partículas de biomassa do sistema de alimentação de combustível 100 através da linha de alimentação de combustível 102. Para a saída dos gases de combustão e das partículas de cinzas produzidas dentro da câmara de combustão 110 da combustão das partículas de biomassa, câmara de combustão ciclônica compreende ainda uma saída de câmara de combustão 416. Além disso, uma pluralidade de algaravizes de ar 430a, 430b, 430c, etc. estão dispostos para introduzir ar na câmara de combustão 110.

O invólucro externo 410 pode ter geralmente uma forma cilíndrica. O invólucro externo de metal circunda a camisa de combustão 420, a fim de definir um difusor de alimentação de ar 412 entre o invólucro externo 410 e a camisa de combustão 420. A camisa de combustão 420 pode geralmente ter uma forma cilíndrica e define uma câmara de combustão 110. A camisa de combustão 420 pode compreender um material que seja adequado para as condições de funcionamento da câmara de combustão 110. Em algumas modalidades, os materiais podem ser adequados para temperaturas de até cerca de 1648,88°C (3000°F). Exemplos de materiais adequados incluem materiais refratários e metais.

A câmara de combustão 110 recebe partículas de biomassa para a combustão através da entrada de alimentação da biomassa 414 em uma terminação da câmara de combustão 110. A entrada de alimentação da biomassa 414 é formada pelo invólucro externo 410 e pela camisa de combustão 420. Como ilustrado pela Figura 3, a entrada de alimentação da biomassa 414 podem ser formada com uma componente tangencial em relação ao eixo longitudinal da camisa de combustão 420, ou com respeito a qualquer círculo formado sobre o eixo longitudinal. O referido arranjo promove o movimento ciclônico das partículas de biomassa na câmara de combustão 110. Os algaravizes de ar 430a proporcionam o ar que dispersa as partículas de biomassa fornecidas à câmara de combustão 110. Na câmara de explo-

são 110, as partículas de biomassa são arrastadas em uma velocidade tangencial maior que cerca de 24,384 m/s (metros por segundo) (80 pés por segundo-"pés/s") e, em alguns exemplos, no intervalo de cerca de 30,48 m/s (100 pés/s) paracerca de 60,96 m/s 200 pés/s.

5 A câmara de combustão 110 geralmente compreende três zonas diferentes, a saber, a zona ignição 402, a zona de combustão zona, e a zona de diluição 406. As referidas três zonas são dispostas longitudinalmente ao longo do eixo da câmara de combustão 110 com a zona de ignição 402 em uma extremidade da câmara de combustão 110 e a zona de diluição 406 na
10 outra extremidade da câmara de combustão 110. A zona de combustão 404 situa-se entre a zona de ignição 402 e a zona de diluição 406.

 Na câmara de combustão 110, as partículas de biomassa são queimadas para produzir partículas de cinzas e um gás de combustão quente. As partículas de biomassa entram em a câmara de combustão 110 na
15 zona de ignição 402. Na zona de ignição 402, as partículas de biomassa podem ser inflamadas. Uma quantidade suficiente de ar pode ser fornecida para zona de ignição 402 através dos algaravizes de ar 430a, 430b, 430c para inflamar as partículas de biomassa e facilitar, pelo menos, a parcial combustão das partículas de biomassa. Uma quantidade de ar subestequi-
20 ométrica pode ser fornecida para a zona de ignição 402, através dos algaravizes de ar 430a, 430b, 430c, para que as partículas de biomassa e oxigênio no ar reajam em uma combustão subestequiométrica. A combustão subestequiométrica pode ser desejada, em alguns exemplos, para controlar a
25 temperatura da chama das partículas de biomassa, de modo a reduzir a formação de óxidos de nitrogênio provenientes da combustão das partículas de biomassa.

 As partículas de biomassa e os produtos da combustão passam da zona de ignição 402 para a zona de combustão 404 na qual a combustão das partículas de biomassa é concluída. Além de um suprimento suficiente
30 de ar para a combustão, o ar fornecido à zona de combustão 404, por via dos algaravizes de ar 430d, 430e, 430f, 430g, 430h, também dilui os produtos da combustão.

Depois de passar através da zona de combustão 404, os produtos da combustão entram na zona de diluição 406. Uma quantidade suficiente de ar pode ser fornecida para a zona de diluição 406 pelos algaravizes de ar 430i, 430j, 430k, 430l para completar a diluição dos produtos de combustão. A completa de diluição dos gases de combustão pode facilitar a refrigeração dos gases de combustão a uma temperatura adequada para a entrada no permutador de calor 150, e para a passagem do produto do permutador de calor através da turbina a gás 130, por exemplo, menos de cerca de 1204,44°C (2200°F) e, em alguns exemplos, no intervalo de cerca de 815,55°C (1500°F) para cerca de 1204,44°C (2200°F). Completar a diluição na câmara de combustão 110 pode ser desejado, por exemplo, onde a câmara de combustão 400 ainda compreende um separador de cinzas ciclônico 120, conforme ilustrado na Figura 8. O gás de combustão e as partículas de cinzas produzidas a partir da combustão de partículas de biomassa saem da zona de diluição 406 através da saída da câmara de combustão 416 (vide a Figura 7). A saída da câmara de combustão 416 pode estar na terminação oposta da câmara de combustão 110 da entrada de alimentação de biomassa 414.

Conforme discutido anteriormente, o ar necessário para a combustão das partículas de biomassa e diluição dos produtos de combustão é fornecido à câmara de combustão 110 por meio de uma pluralidade de algaravizes de ar 430a, 430b, 430c, etc., formados através da camisa de combustão 420. As aberturas dos algaravizes em geral podem ter uma forma cônica (estreitando na direção da câmara de combustão), e um valor proporcional de aspecto de comprimento/largura superior acerca de 2:1 e, em alguns exemplos, em um intervalo de 3:1 a 5:1. Como ilustrado pelas figuras 4 e 5, os algaravizes de ar 430a, 430b, 430c, etc. podem ser formadas com uma componente tangencial em relação ao eixo longitudinal da camisa de combustão 420, ou com respeito a qualquer círculo formado sobre o eixo longitudinal. O referido arranjo promove movimento ciclônico dentro da câmara de combustão 110. O ar necessário para a combustão pode ser fornecido através da pluralidade de algaravizes de ar 430a, 430b, 430c, etc., a

uma velocidade tangencial maior que cerca de 30,48 m/s (100 pés/s) e, em alguns exemplos, no intervalo de cerca de 33,53 m/s (110 pés/s) paracerca de 45,72 m/s (150 pés/s). Os algaravizes de ar 430a, 430b, 430c, etc. estão em comunicação com um difusor de alimentação de ar 412 (vide figura 2),
5 que pode ser alimentada de ar através da linha de alimentação de ar 104. A linha de alimentação de ar de escape 104 fornece ar para o difusor de alimentação de ar 412 através da entrada de ar 418 formadas através do invólucro externo 410.

Os algaravizes de ar 430a, 430b, 430c, etc. podem ser construídos e dispostos a fornecer o ar necessário em cada zona da câmara de combustão 110. As linhas que contenham pelo menos um dentre a pluralidade de algaravizes de ar 430a, 430b, 430c, etc. geralmente são espaçadas ao longo do comprimento da camisa de combustão 420 e número no intervalo de cerca de 2 linhas acerca de 20 ou mais linhas. Em um exemplo, existem 12 linhas espaçadas ao longo do comprimento da camisa de combustão 420. Em um exemplo, há quatro linhas na zona de ignição 402, 5 linhas na zona de combustão 404, e 3 linhas na zona de diluição 406. Cada linha pode conter de um acerca de 20 ou mais algaravizes distribuídos no mesmo plano. Conforme indicado nas figuras 2-8, os algaravizes de ar 430a, 430b, 430c, etc. podem ser dispostos em um padrão escalonado, em que pelo menos um algaraviz em cada linha é deslocado 90° ao longo da circunferência da camisa de combustão 420 com relação à fila anterior. Por exemplo, os algaravizes de ar 430b podem ser deslocados 90° ao longo do eixo longitudinal da camisa de combustão 420 com relação aos algaravizes de ar 430c.

Além disso, cada um dentre a pluralidade de algaravizes 430a, 430b, 430c, etc. podem ter o mesmo tamanho ou tamanhos diferentes, conforme desejado para uma determinada aplicação. Por exemplo, os algaravizes 430a, 430b, 430c, etc. na mesma linha e/ou zona pode ter o mesmo ou diferentes tamanhos, conforme desejado para uma determinada aplicação.
30 O tamanho do algaraviz pode ser ajustado para controlar o fluxo de ar nas zonas da câmara de combustão 110 e, assim, controlar a temperatura da chama das partículas de biomassa. Como desejado, a temperatura da cha-

ma pode ser ajustada para reduzir a formação de óxidos de nitrogênio provenientes da combustão. Em algumas modalidades, pelo menos um algaraviz em cada linha pode aumentar de tamanho ao longo do comprimento da camisa de combustão 420 a partir da entrada de alimentação de biomassa 414. Em um exemplo, os algaravizes 430a, 430b, 430c, podem, linearmente, aumentar de tamanho. Embora não ilustrado na Figura 2, os algaravizes 430b seriam maiores do que o algaraviz 430a, os algaravizes 430c seriam maiores do que os algaravizes 430b com algaravizes 430i, 430j, 430k, 430l sendo os maiores algaravizes na camisa de combustão 420. Em algumas modalidades, os algaravizes 430a, 430b, 430c da zona ignição 402 e os algaravizes 430d, 430e, 430f, 430g, 430h da zona de combustão 404 podem aumentar de tamanho ao longo do eixo longitudinal da câmara de combustão 110 a partir da entrada de alimentação de biomassa 414. Por exemplo, os algaravizes 430d, 430e, 430f, 430g, 430h da zona de combustão 404 podem ser maiores do que o maior algaraviz na zona ignição 402. Os furos na zona de diluição 406 podem ser iguais ou maiores do que os maiores algaravizes na zona de ignição 402 e na zona de combustão 404.

Aqueles versados na técnica irão reconhecer que a modelagem de fluido computacional pode ser utilizada para determinar o tamanho ideal de algaraviz, a velocidade tangencial do ar, o número de algaravizes em cada zona da câmara de combustão 110, bem como a quantidade de ar fornecido a cada zona.

A câmara de combustão 400 ainda pode incluir um queimador 440. O queimador 440 pode operar em um combustível auxiliar, como gás natural, propano ou um combustível líquido. O queimador 440 pode ser usado durante a inicialização da câmara de combustão 400 para aquecer uma camisa de combustão 420 a uma temperatura suficiente para incendiar as partículas de biomassa e/ou incendiar as partículas de biomassa para um período de tempo desejado durante a inicialização. O queimador 440 pode ser dimensionado para a inicialização apenas, ou, alternativamente, o queimador 440 pode ser dimensionado para permitir a plena capacidade através do sistema para que a saída de eletricidade do gerador 140 possa permane-

cer constante, por exemplo, onde o fornecimento de partículas de biomassa possa ser restrito. Em um exemplo, o queimador 440 é capaz de disparar uma turbina a gás, como a turbina a gás 130.

A figura 6 ilustra esquematicamente uma alternativa câmara de combustão ciclônica 800. A câmara de combustão ciclônica 800 é similar à câmara de combustão ciclônica 400 representada na Figura 2, exceto que a câmara de combustão ciclônica 800 compreende uma pluralidade de difusor de alimentação de ar 810, 820, 830 definidos entre o invólucro externo 410 e a camisa de combustão 420. A pluralidade de plenums de alimentação de ar 810, 820, 830 é separada por uma pluralidade de defletores 840, 850. Cada um dentre a pluralidade de plenums de alimentação de ar 810, 820, 830 está em comunicação com pelo menos um entre a pluralidade de algaravizes de ar 430. Por exemplo, o primeiro difusor 810 está em comunicação com os algaravizes de ar 430a, 430b, 430c. Os algaravizes de ar 430a, 430b, 430c, etc., são abastecidos com ar proveniente da linha de alimentação de ar 104 através dos plenums de alimentação de ar 810, 820, 830. Cada um entre a pluralidade de plenums de alimentação de ar 810, 820, 830 se comunica com uma respectiva porção 104a, 104b, 104c da linha de alimentação de ar de escape 104. De acordo com as exigências operacionais de cada zona de câmara de combustão 10, o suprimento de ar em cada um dentre a pluralidade de plenums de alimentação de ar 810, 820, 830 é controlado por uma pluralidade de válvulas 860, 870, 880, respectivamente. Por exemplo, a válvula 860 pode controlar o suprimento de ar na zona de ignição 402 da câmara de combustão 110 para garantir o fornecimento suficiente de ar para incendiar as partículas de biomassa. Por exemplo, a válvula 870 pode controlar o suprimento de ar na zona de combustão 404 da câmara de combustão 110 para garantir o fornecimento suficiente de ar para a completa combustão das partículas de biomassa e diluição dos produtos da combustão. A válvula 880 pode controlar o suprimento de ar na zona de diluição 406 da câmara de combustão 110 para garantir o fornecimento suficiente de ar para a completa diluição dos produtos da combustão.

A figura 7 ilustra esquematicamente uma alternativa câmara de

combustão ciclônica 900. A câmara de combustão ciclônica 900 é similar à câmara de combustão ciclônica 800 representada na Figura 6, exceto que a câmara de combustão ciclônica 900 ainda compreende um forro intermediário 910 geralmente de forma cilíndrica entre o invólucro exterior 410 e a camisa de combustão 420. O difusor de resfriamento 920 é definido entre o invólucro exterior 410 e a camisa de combustão 420. O ar entra através do difusor de resfriamento 920 através da alimentação de ar de escape 104 e é preaquecido pelo calor que irradia a partir da câmara de combustão 110 desse modo esfriando a câmara de combustão 110. Depois de ter sido preaquecido, o referido ar entra no tubo 930 que se separa em três porções 930a, 930b e 930c plenums de alimentação de ar câmara de combustão 110algaravizes de ar 430. De acordo com as exigências operacionais de cada zona da câmara de combustão 110, o fornecimento de ar em cada uma dentre a pluralidade de plenums de alimentação de ar 810, 820, 830 é controlado por uma pluralidade de válvulas 860, 870, 880, respectivamente.

A figura 8 ilustra esquematicamente uma alternativa câmara de combustão ciclônica 1000. A câmara de combustão ciclônica 1000 é similar à câmara de combustão ciclônica 900 representada na Figura 7, exceto que a câmara de combustão ciclônica 1000 ainda compreende um separador de cinzas ciclônico 120 e um conjunto de transição 1010. Em geral, o separador de cinzas ciclônico 120 compreende um elemento de obstrução 1020, uma abertura de partículas de cinzas 1030, formada entre o elemento de obstrução 1020 e a camisa de combustão 420, e uma passagem de coleta de cinzas 1040 em comunicação com a câmara de combustão 110 através de uma abertura de partículas de cinza 1030.

No fim da zona de diluição 406 da câmara de combustão 110, um elemento de obstrução centralmente localizado 1020 é proporcionado com a abertura 1022 em si. A abertura 1022 no elemento de obstrução 1020 pode geralmente ter forma cilíndrica ou ter qualquer outra forma adequada. Por exemplo, a abertura 1022 pode ser fabricada com um formato não-circular. A abertura 1022 pode ser dotada de uma área de seção transversal menor que a aquela da câmara de combustão 110. Por exemplo, a abertura

1022 pode ser dotada de uma área de seção transversal na faixa de cerca de 80% acerca de 90% da área de seção transversal da câmara de combustão 110. Se desejado, o elemento de obstrução 1020 pode ser revestido com um material (por exemplo, um material refratário ou um metal) que seja adequado para as condições de operação da câmara de combustão 110.

5 A abertura de partículas de cinza 1030 está localizada entre o elemento de obstrução 1020 e a camisa de combustão 420. A abertura de partículas de cinza 1030 pode se estender a partir de 90° a cerca de 180° ao longo da circunferência da metade inferior da camisa de combustão 420. A
10 passagem de coleta de cinzas 1040 está em comunicação com a câmara de combustão 110 via abertura de partículas de cinza 1030.

O conjunto de transição 1010 em geral pode ser construído e disposto para minimizar a transferência de forças da câmara de combustão ciclônica 1000. Em geral, o conjunto de transição 1010 compreende um invólucro externo 1050 e revestimento interno 1060 formando um reservatório
15 interior substancialmente cilindricamente moldada passagem de gás de combustão 1070.

O invólucro externo 1050 pode ter uma forma cônica geralmente com o mais amplo final adjacente à câmara de combustão 110. Alternativa-
20 mente, o invólucro externo 1050 pode ter uma forma cilíndrica ou ser moldado de forma não-circular. O invólucro externo 1050 circunda o revestimento interno 1060, a fim de definir o difusor de resfriamento entre o invólucro externo 1080 e o revestimento interno. O conjunto de transição pode ser construído e disposto de modo que o difusor de resfriamento 1080 do conjunto de
25 transição 1010 está em comunicação com o difusor de resfriamento 920 da câmara de combustão ciclônica 1000. Embora não representado na figura 8, o invólucro externo 1050 do conjunto de transição 1010 pode ser acoplado ao invólucro externo 410 da câmara de combustão ciclônica 1000 utilizando qualquer método adequado, por exemplo, um flange aparafusado pode ser
30 utilizado para acoplar o invólucro externo 1050 ao invólucro externo 410.

Uma passagem de gás de combustão moldada substancialmente em formato cilíndrico 1070 compreendendo uma entrada e uma saída é

definida pelo revestimento interno 1060. Alternativamente, a passagem de gás de combustão 1070 pode ser de qualquer outra forma adequada, por exemplo, não-circular. A passagem de gás de combustão 1070 pode ser afunilada a partir do separador de cinzas ciclônico 120 para a saída do conjunto de transição 1090 de modo a que a saída da passagem de gás de combustão 1070 tem uma menor área de seção transversal do que a entrada. O conjunto de transição 1010 pode ser construído e disposto de modo que a passagem de gás de combustão 1070 está em comunicação com a câmara de combustão 110 por via da abertura 1022 no elemento de obstrução 1020 do separador ciclônico de cinzas 120.

Na operação, devido ao movimento ciclônico e alta velocidade tangencial dos gases de combustão e de partículas de cinzas na câmara de combustão 110, altas forças centrífugas são geradas ali. Como resultado das forças centrífugas, as partículas de cinzas giram na câmara de combustão 110 adjacente à camisa de combustão 420 de modo a que as partículas de cinzas atravessem a abertura de partículas de cinzas 1030 e passe através da passagem de coleta de cinzas 1040 para um recolhedor de cinzas (não representado), onde são recolhidos. O gás de combustão geralmente se move a partir da câmara de combustão 110 para a abertura 1022 no elemento de obstrução 1020 para a passagem de gás de combustão 1070. Enquanto passa através da passagem de gás de combustão 1070, o gás de combustão é resfriado pela troca de calor com o ar frio no difusor de resfriamento 1080 da alimentação de ar 104 e com o ar ambiente. O ar passa através do difusor de resfriamento 1080 para o difusor de resfriamento 920 da câmara de combustão 1000. O gás de combustão geralmente sai do conjunto de transição 1010 através da saída do conjunto de transição 1090 depois de passar pela passagem de gás de combustão 1070. O referido gás de combustão é então fornecido ao permutador de calor 110 conforme representado na Figura 1.

Fazendo-se referência agora às figuras 9 e 10, está representada uma vista frontal e uma vista superior, respectivamente, de um permutador de calor 150, de acordo com uma modalidade da presente invenção. O

permutador de calor 150 pode ser um permutador de calor de gás para gás, comumente referido como um permutador de calor de ar. O permutador de calor 150 pode incluir uma primeira entrada 1102 para receber o ar pressurizado a partir do compressor de ar 132, superfície de troca de calor 1104 para transportar o calor do fluxo de exaustão 137 para o ar pressurizado, e uma primeira saída 1106 para dirigir o ar quente e pressurizado para fora do permutador de calor 150 para a passagem para a turbina a gás 131. Além disso, o permutador de calor 150 pode incluir uma segunda entrada 1108 para receber parte do fluxo de exaustão 137 e uma segunda saída 1110 para dirigir o fluxo 108 para fora do permutador de calor 150. A superfície de troca de calor 1104 pode ser um material de liga de alta temperatura.

O permutador de calor 150 pode ter uma pluralidade de tubos dispostos em hélice que geralmente definem um cilindro através do qual o ar pressurizado é dirigido. No entanto, o permutador de calor 150 pode ser de qualquer outra concepção convencional que maximiza a transferência de calor do fluxo de exaustão 137 para a o ar pressurizado passando através do pelo permutador de calor de ar 150. O permutador de calor 150 é adaptado para receber ar pressurizado (e, portanto, aquecido) proveniente da seção de compressor 132 por via da linha de alimentação de ar comprimido 112. O ar que passa através da linha de alimentação de ar comprimido 112 para o permutador de calor 150 é aquecido como um resultado da pressurização. No entanto, após a troca de calor com o fluxo de exaustão 137, o ar que é descarregado a partir do permutador de calor 150 através da primeira saída 1106 é muito mais quente. Por exemplo, a temperatura do ar pode ser cerca de 343,33°C (650°F) na primeira entrada 1102 e cerca de 926,66°C (1700°F) na primeira saída 1106.

O permutador de calor 150 pode ser de concepção convencional, utilizando uma pluralidade de tubos em forma de U para proporcionar o número desejado de passagens. Pode ser entendido, no entanto, que poderá ser desejável em algumas aplicações o uso de uma concepção convencional alternativa, como tubos em forma de hélice. O permutador de calor 150 recebe o ar pressurizado da seção de compressor 132. Depois de pas-

sar através do permutador de calor 150, o ar quente pressurizado é direcionado para a seção de turbina a gás 131. Ao entrar na seção de turbina 131 o ar se impinge sobre as lâminas da turbina, assim impulsionando a turbina a gás e o gerador 140 montado a ela, gerando energia e fornecendo uma saída de energia da usina.

Referindo-se agora às figuras 9-12, uma modalidade preferida do permutador de calor 150 pode ter cerca de 3,66 m (12') X 4,27m (14') X 10,97m (36') e utilizar material 40 planejado 253MA para uma primeira seção 150A e uma segunda seção 150B do permutador de calor 150. Uma terceira seção 150C poderá utilizar o material 40 planejado aço inoxidável 304L. O permutador de calor de 150 pode ter paredes externas (não mostrado) isoladas com isolamento de peso leve do tipo morcego. O fluxo de exaustão 137 pode entrar no permutador de calor 150 através da segunda entrada 1108 a aproximadamente 537,77°C (1000°F) e ser aquecido acerca de 1093,33°C (2000°F) por queima de partículas de madeira.

O termo "acoplar" ou "acopla" aqui usados destinam-se a dizer tanto uma ligação direta ou como uma ligação indireta. Assim, se um primeiro dispositivo se acopla a um segundo dispositivo, a ligação pode ser através de uma ligação direta ou indireta através de uma ligação elétrica por intermédio de outros dispositivos e conexões.

A presente invenção é, portanto, bem adaptada para levar a cabo os objetivos e atingir os fins mencionados, bem como os referidos fins que são inerentes em si. Embora a invenção tenha sido retratada, descrita e esteja definida por referência a exemplos da invenção, tal referência não implica uma limitação sobre a invenção, e tal limitação não deve ser inferida. A invenção é capaz de considerável modificação, alteração ou equivalente, em sua forma e em sua função, tal como irá acontecer àqueles ordinariamente versados na técnica que receberem o benefício desta divulgação. Os exemplos retratados e descritos não são exaustivos da invenção. Assim, a invenção se destina a ser limitado apenas pelo espírito e âmbito das reivindicações dependentes, dando pleno conhecimento ao equivalente em todos os aspectos.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de turbina a gás por combustão de biomassa indiretamente acionado compreendendo

5 uma câmara de combustão de partículas de biomassa para produzir um gás de combustão;

 um permutador térmico proporcionando uma relação de troca de calor entre o gás da combustão a partir da câmara de combustão e o ar comprimido, e

 uma turbina a gás que compreende:
10 uma seção de turbina que compreende uma seção de entrada em comunicação com o permutador de calor para receber o ar comprimido aquecido a partir do permutador de calor, em que a seção da turbina é impulsionada pelo aquecimento do ar comprimido.

2. Sistema da reivindicação 1, em que a câmara de combustão é
15 uma câmara de combustão ciclônica, compreendendo:

 uma camisa de combustão que forma uma câmara de combustão dotada, em geral, de uma forma cilíndrica,

 uma entrada de alimentação de biomassa em uma extremidade da câmara de combustão, formada através da camisa de combustão para
20 receber partículas de biomassa de um sistema de alimentação de combustível, na qual a alimentação de biomassa é formada de modo que as partículas de biomassa são introduzidas na câmara de combustão por um componente tangencial, e

 uma pluralidade de bocais de ar formados através da camisa de
25 combustão para receber o ar, em que pelo menos um dos bocais de ar é organizado para introduzir o ar na câmara de combustão com um componente tangencial.

3. Sistema de acordo com a reivindicação 1, em que a turbina a gás inclui ainda uma seção de compressor impulsionado pela seção de turbina da turbina a gás, em que a seção do compressor é arranjada para proporcionar o ar comprimido para o permutador de calor.
30

4. Sistema de acordo com a reivindicação 1, adicionalmente

compreendendo um gerador elétrico acoplado à turbina a gás para gerar energia elétrica, em que o gerador elétrico é impulsionado pela seção de turbina da turbina a gás.

5 5. Sistema de acordo com a reivindicação 4, em que a turbina a gás ainda compreende:

uma seção de compressor impulsionado pela seção de turbina da turbina a gás, no qual a seção do compressor é organizada para proporcionar o ar comprimido para o permutador de calor, e

10 uma única haste que impulsiona a seção do compressor e o gerador elétrico.

6. Sistema de acordo com a reivindicação 1, em que o permutador de calor tem uma entrada para a recepção de escape da turbina a gás.

15 7. Sistema de acordo com a reivindicação 1, em que a câmara de combustão é dotada de uma entrada para a recepção do escape da turbina a gás.

8. Sistema de acordo com a reivindicação 1, adicionalmente compreendendo uma unidade de recuperação em comunicação com o fluxo de escape da turbina a gás.

20 9. Sistema de acordo com a reivindicação 1, compreendendo ainda um sistema de alimentação de combustível.

10. Sistema de turbina a gás alimentado por biomassa indiretamente acionado que compreende:

um sistema de alimentação de combustível;

25 uma câmara de combustão ciclônica para a combustão de partículas de biomassa para produzir um gás de combustão e partículas de cinzas, a câmara de combustão ciclônica compreendendo:

30 uma camisa de combustão que forma uma câmara de combustão, em geral dotada de uma forma cilíndrica, e com uma zona de ignição, uma zona combustão, e uma zona de diluição dispostas longitudinalmente ao longo do eixo da câmara de combustão,

uma entrada de alimentação de biomassa em uma extremidade da câmara de combustão, formada através da camisa de combustão para

receber partículas de biomassa do sistema de alimentação de combustível, no qual a entrada de alimentação de biomassa é formada de modo que as partículas de biomassa são introduzidas na zona da ignição da câmara de combustão com um componente tangencial, e

5 uma pluralidade de bocais de ar formados através da camisa de combustão para receber ar, nos quais a pluralidade de bocais de ar estão dispostos para introduzir o ar na câmara de combustão com um componente tangencial, no qual a pluralidade de bocais de ar são espaçados ao longo do comprimento da camisa de combustão sobre a entrada de alimentação de
10 biomassa,

 em que a pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar para a zona de ignição para a ignição das partículas da biomassa para iniciar a combustão, em que a pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar para a zona de combustão completar a
15 combustão das partículas da biomassa a partir da zona de ignição, e em que a pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar para a zona de diluição para diluir o gás de combustão a uma temperatura adequada para uso em uma turbina a gás;

 um permutador de calor proporcionando uma relação de troca de
20 calor entre a combustão de gás a partir de câmara de combustão e o ar comprimido, e

 a turbina a gás, compreendendo uma seção de turbina que compreende uma entrada em comunicação com o permutador de calor para receber o ar comprimido aquecido a partir do permutador de calor, em que a
25 seção de turbina é impulsionada pelo ar comprimido aquecido.

 11. Sistema de acordo com a reivindicação 10, compreendendo ainda um separador ciclônico de cinzas compreendendo:

 um elemento de obstrução compreendendo uma abertura de área de seção transversal reduzida, em comparação com a área de seção
30 transversal da câmara de combustão, uma entrada em comunicação com a saída da câmara de combustão para receber o gás de combustão da câmara de combustão, e uma saída em comunicação com o permutador de calor, e

uma abertura para cinzas em partículas definida entre o elemento de obstrução e a camisa de combustão, na qual pelo menos uma porção de partículas de cinzas sai da câmara de combustão através da abertura de partículas de cinzas.

5 12. Sistema de acordo com a reivindicação 11, compreendendo ainda uma montagem de transição que compreende um forro interior que faz uma passagem de gás de combustão, a passagem de gás de combustão compreendendo uma entrada em comunicação com a saída do elemento de obstrução para receber o gás de combustão, e uma saída em comunicação
10 com o permutador de calor.

13. Sistema de turbina a gás alimentado por biomassa indiretamente acionado que compreende:

um sistema de alimentação de combustível;

uma câmara de combustão ciclônica para a combustão de partículas de biomassa para produzir um gás de combustão e partículas de cinzas, a câmara de combustão ciclônica compreendendo:

uma camisa de combustão que forma uma câmara de combustão dotada, em geral, de uma forma cilíndrica,

uma entrada de alimentação de biomassa em uma extremidade
20 da câmara de combustão, formada através da camisa de combustão para receber partículas do sistema de alimentação de combustível, em que a entrada de alimentação de biomassa é formada de modo que as partículas de biomassa são levadas para a câmara de combustão com um componente tangencial,

25 uma pluralidade de bocais de ar formados através da camisa de combustão para receber o ar, em que uma pluralidade de bocais de ar estão dispostos para introduzir o ar na câmara de combustão com um componente tangencial, em que a pluralidade de bocais de ar é espaçada ao longo do comprimento da camisa de combustão a partir da entrada de alimentação de biomassa, e
30 biomassa, e

um separador ciclônico de cinzas compreendendo:

um elemento de obstrução compreendendo uma abertura de

área de seção transversal reduzida, em comparação com a área da seção transversal da câmara de combustão, em que o elemento de obstrução é dotado de uma entrada em comunicação com a saída da câmara de combustão para receber o gás de combustão da câmara de combustão, e

5 uma abertura de partículas de cinzas definida entre o elemento de obstrução e a camisa de combustão, em que pelo menos uma porção das partículas de cinzas sai da câmara de combustão através da abertura de partículas de cinzas;

 um permutador de calor proporcionando uma relação de troca de calor entre a combustão de gás a partir de câmara de combustão e o ar comprimido, e

 uma turbina a gás que compreende:

 uma seção de turbina que compreende uma seção de entrada em comunicação com o permutador de calor para receber o ar comprimido aquecido a partir do permutador de calor, em que a seção da turbina é impulsãoada pelo aquecimento do ar comprimido.

14. Método para disparar indiretamente uma turbina a gás, compreendendo:

20 o fornecimento de partículas de biomassa para uma câmara de combustão;

 o fornecimento de ar para a câmara de combustão;

 a queima das partículas de biomassa na câmara de combustão para produzir um gás de combustão;

25 o fornecimento do gás de combustão a partir da câmara de combustão para um permutador de calor;

 o fornecimento de ar comprimido para o permutador de calor;

 permitir a transferência de calor a partir do gás de combustão para o ar comprimido dentro do permutador de calor;

30 o fornecimento do ar comprimido aquecido a partir do permutador de calor para uma turbina a gás que compreende uma seção de turbina; e

 permitir que o ar comprimido aquecido se expanda através da

seção de turbina da turbina a gás de modo a gerar a energia mecânica.

15. Método de acordo com a reivindicação 14, em que a câmara de combustão é em geral dotada de uma forma cilíndrica, em que as partículas de biomassa são fornecidas à câmara de combustão com um componen-

5 te tangencial

16. Método de acordo com a reivindicação 14, em que o ar é fornecido à câmara de combustão com um componente tangencial de modo que as partículas de biomassa na câmara de combustão são rotacionadas em movimento ciclônico.

10 17. Método de acordo com a reivindicação 14, adicionalmente compreendendo uma seção de compressor da turbina a gás com a energia mecânica sendo gerada pela seção de turbina, a fim de produzir um fluxo de ar comprimido.

15 18. Método de acordo com a reivindicação 15, em que pelo menos uma porção do fluxo de ar comprimido é o ar comprimido fornecido para o permutador de calor.

19. Método de acordo com a reivindicação 14 adicionalmente compreendendo a condução de um gerador elétrico com a energia mecânica gerada pela seção de turbina, a fim de produzir energia elétrica.

20 20. Método de acordo com a reivindicação 14, em que onde um fluxo de escape da seção de turbina é utilizado para proporcionar energia térmica.

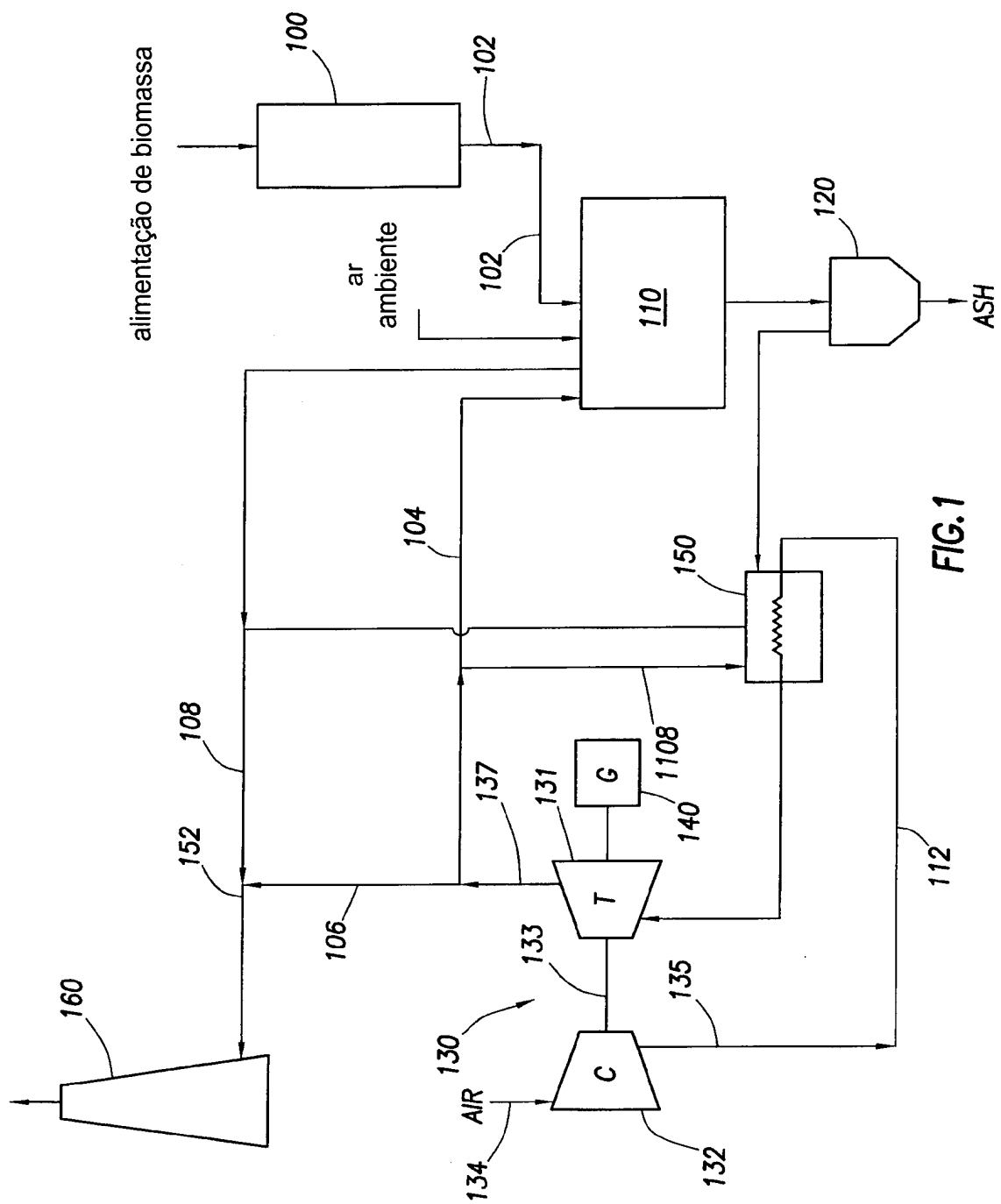


FIG.1

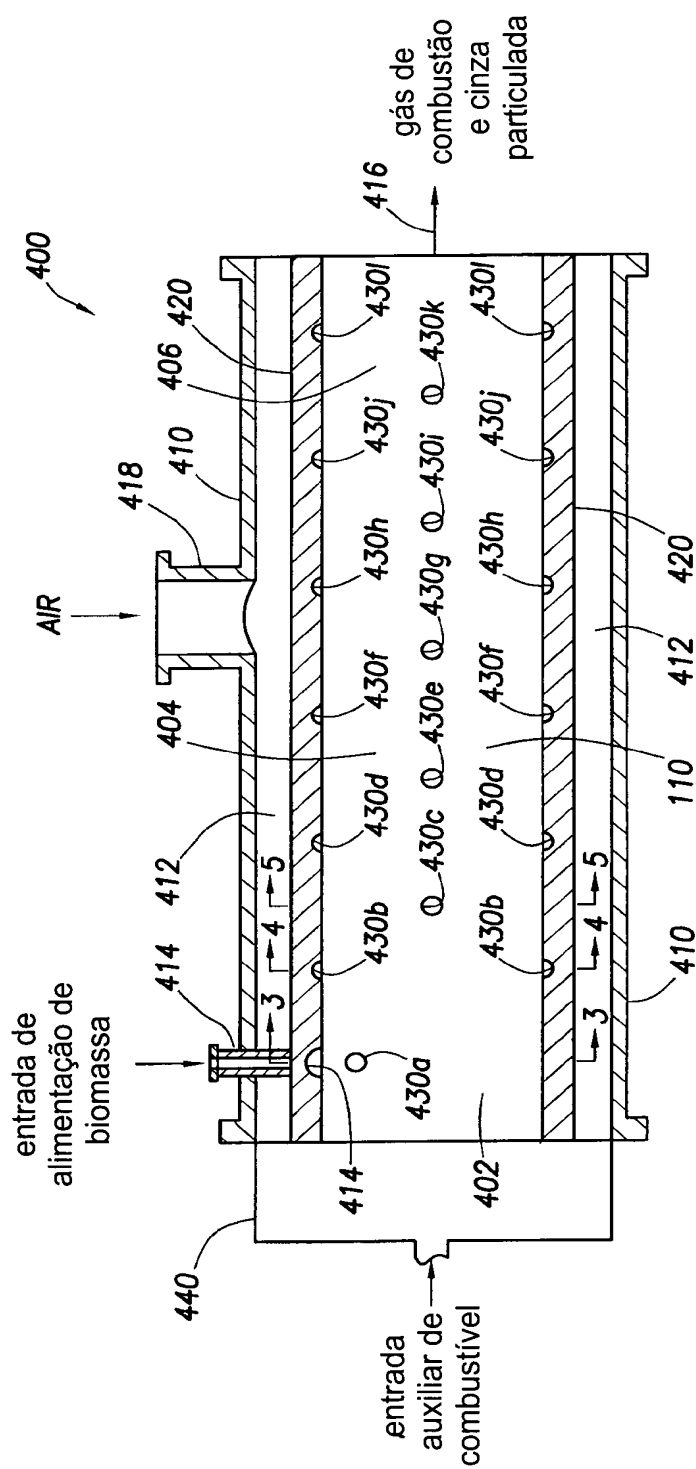


FIG. 2

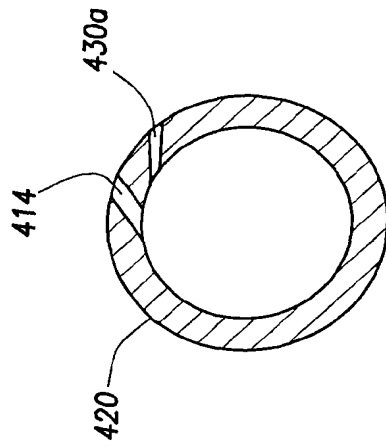


FIG. 3

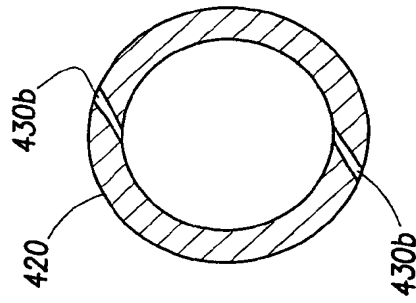


FIG. 4

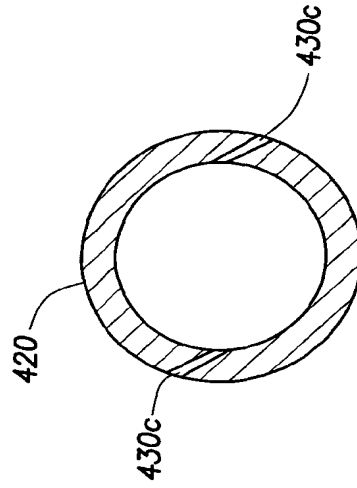


FIG. 5

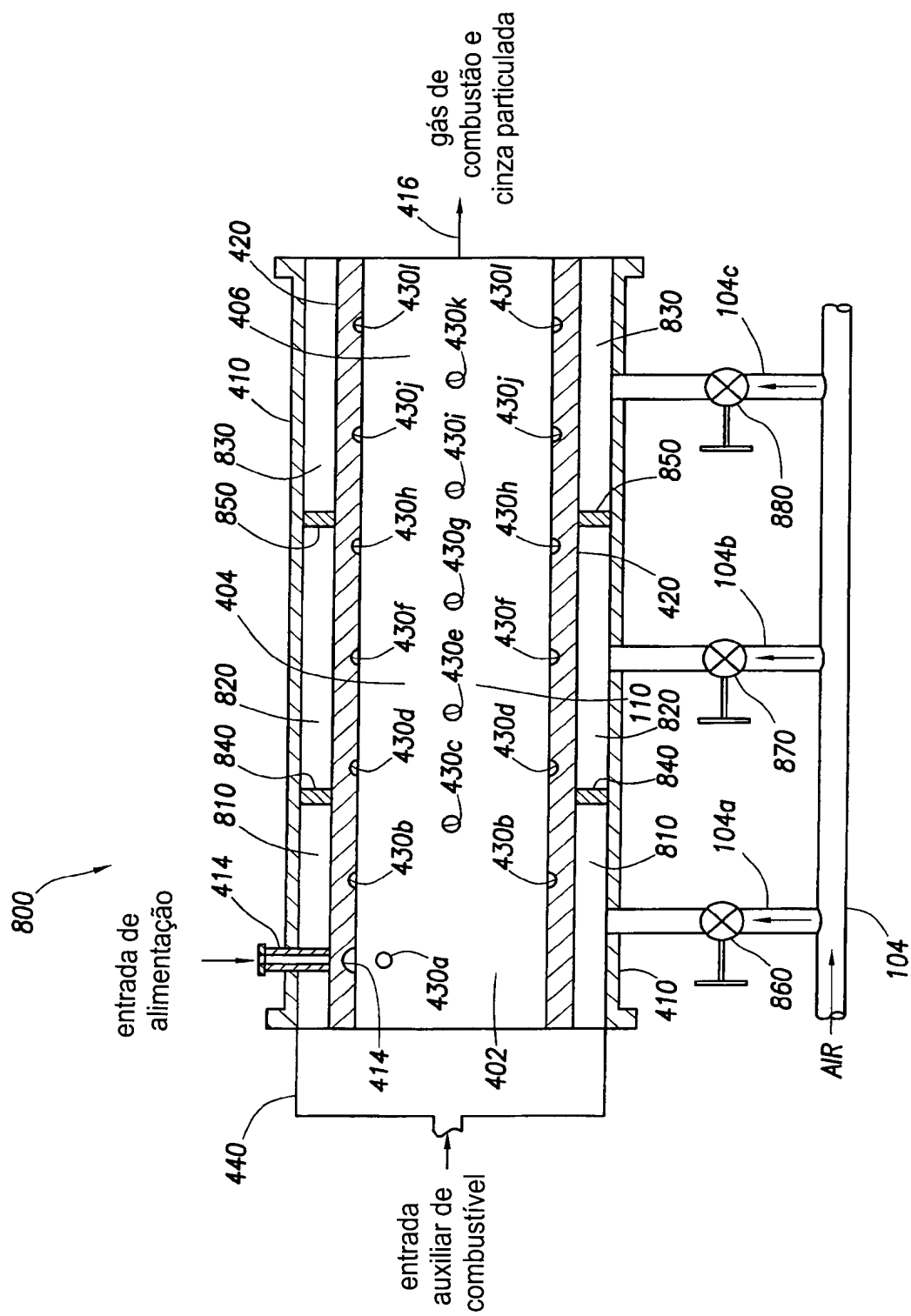


FIG. 6

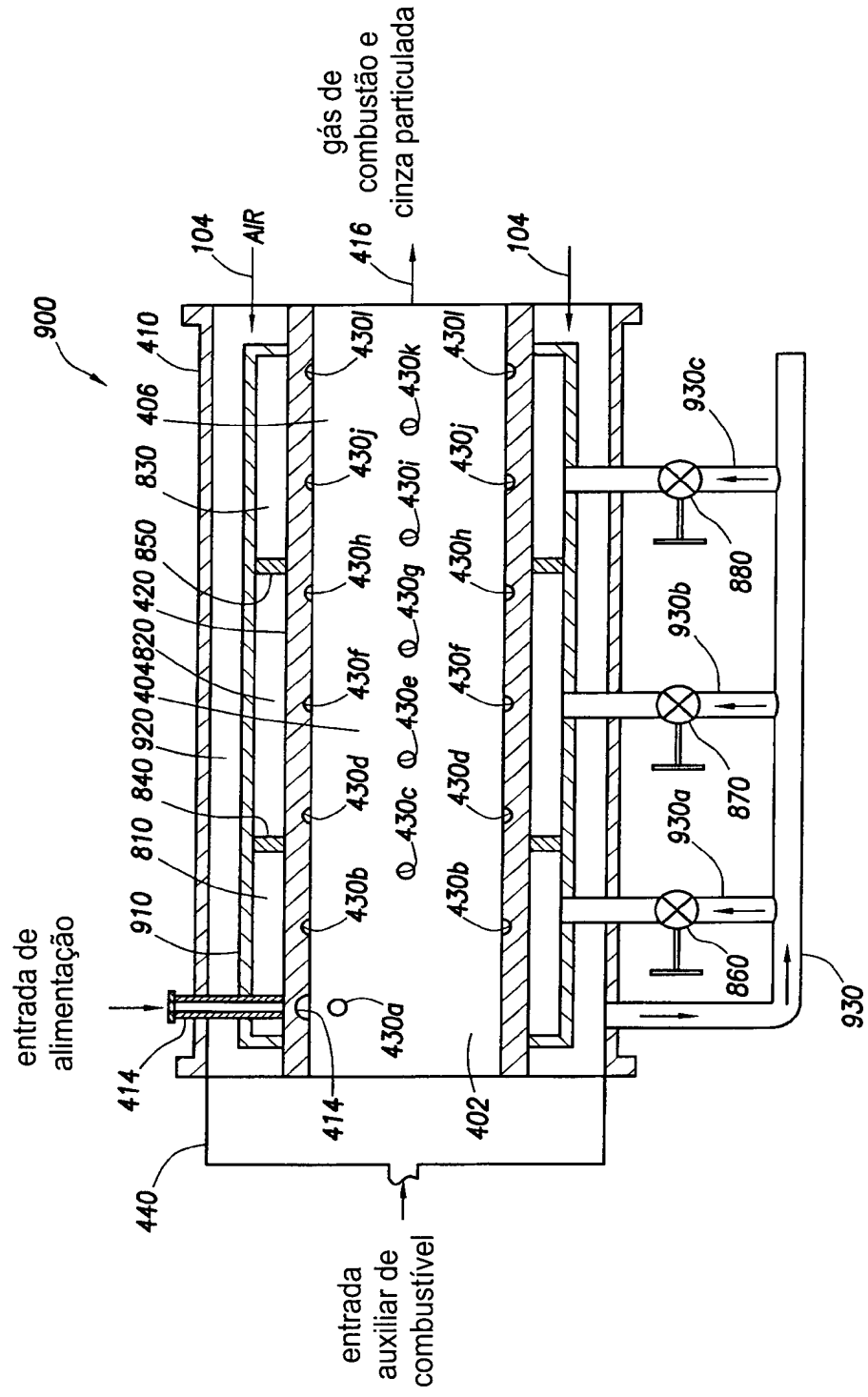


FIG. 7

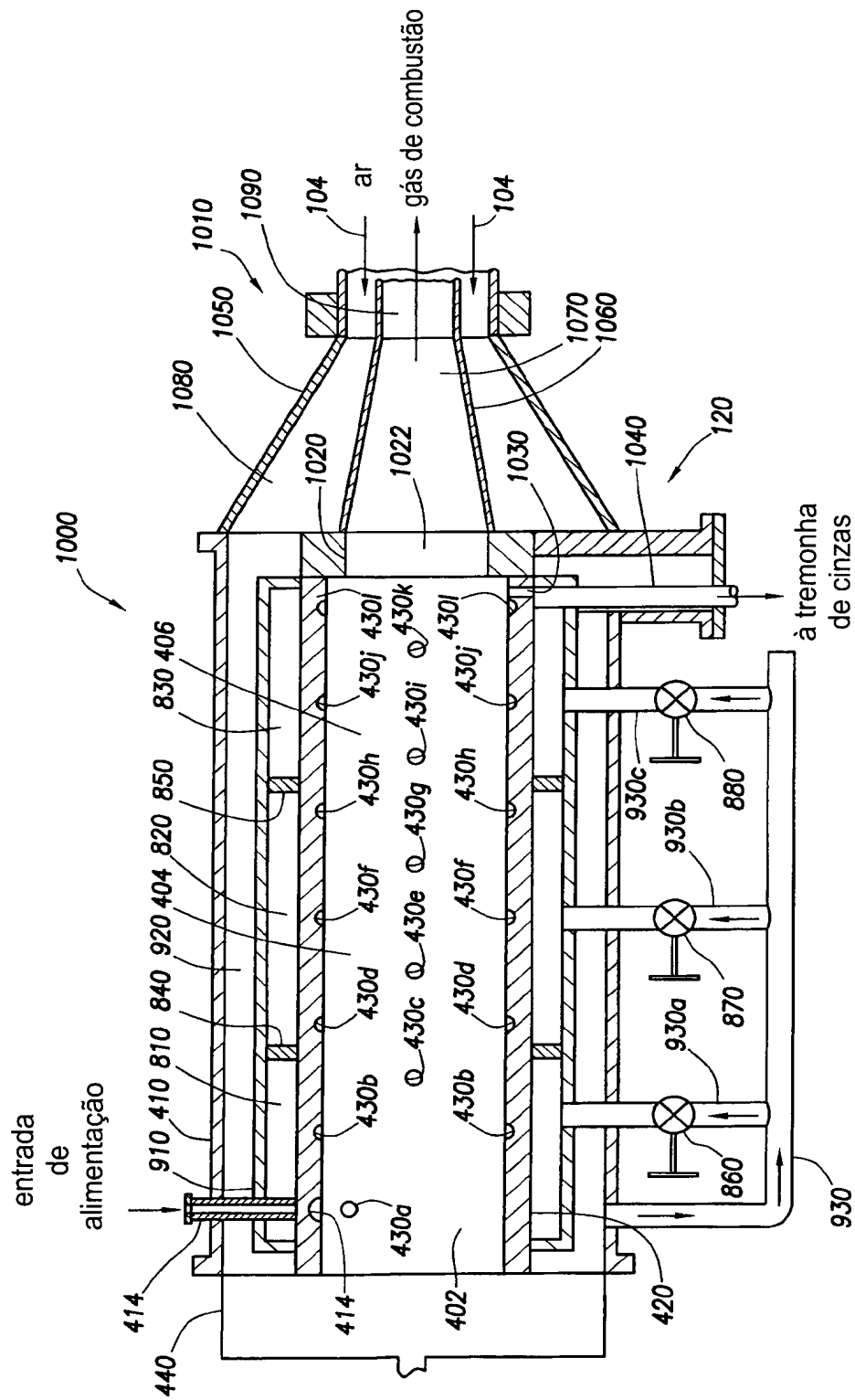


FIG. 8

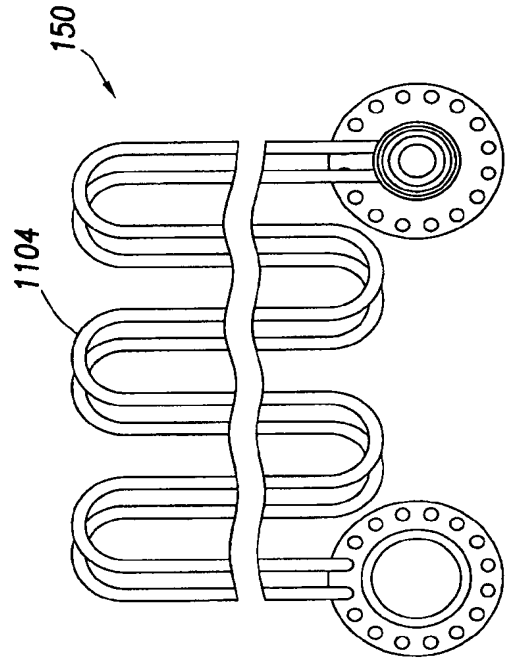
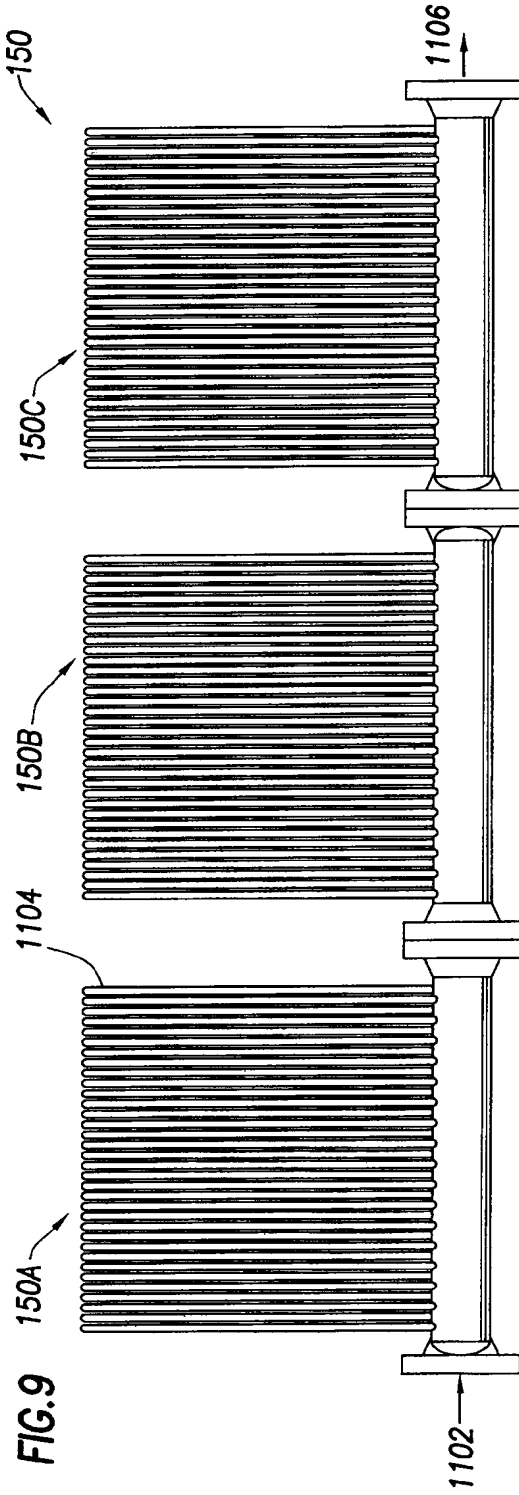


FIG. 11

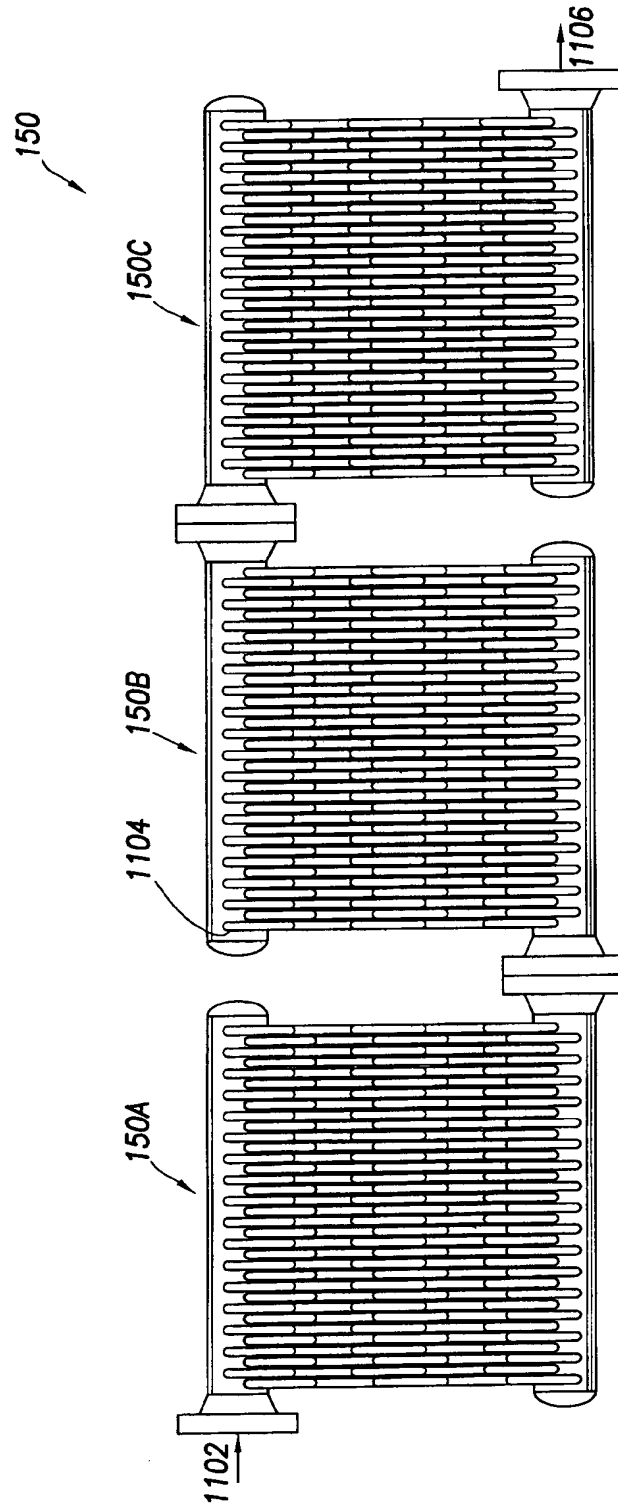
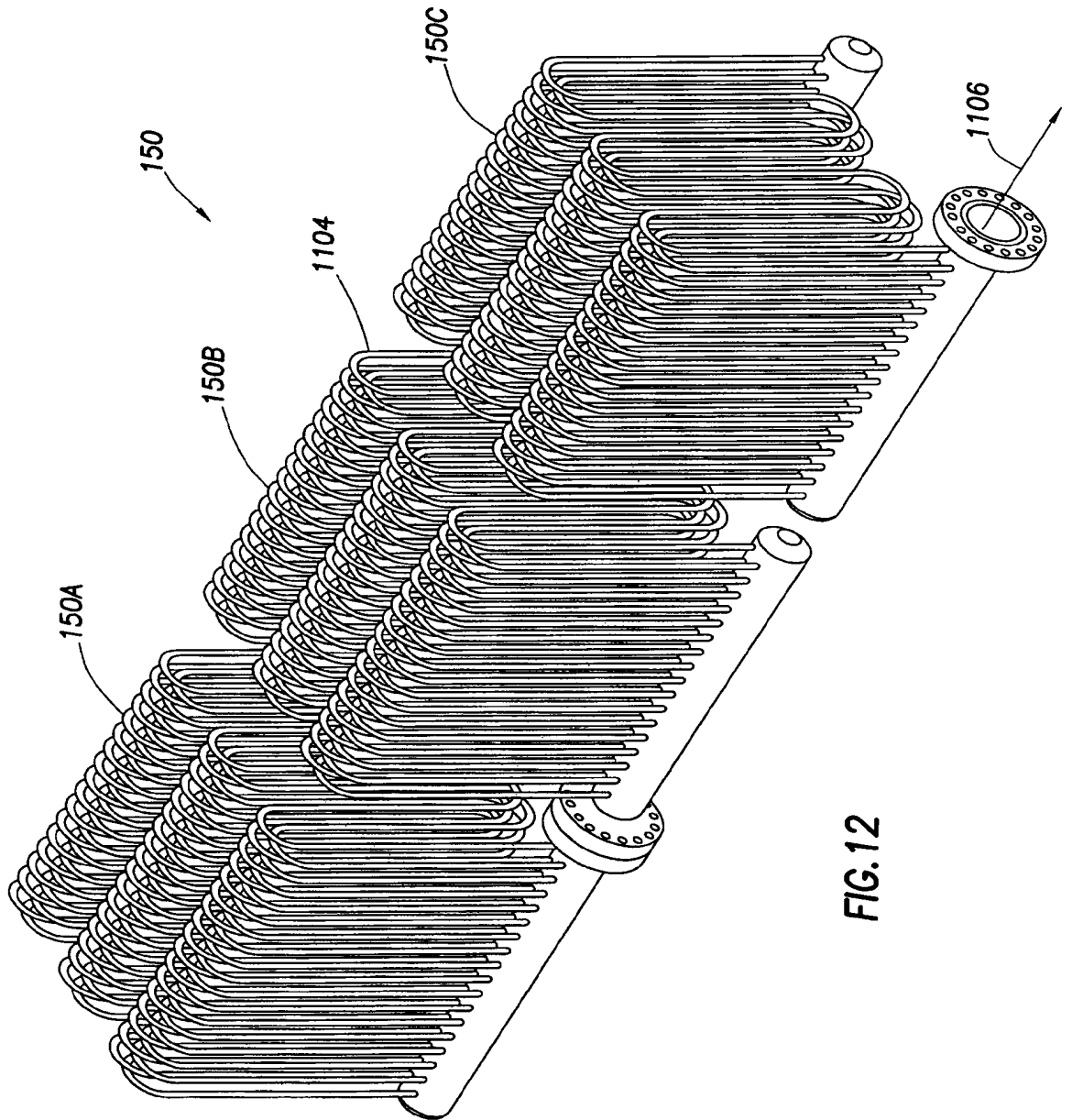


FIG. 10



RESUMO

Patente de Invenção: **"SISTEMA DE ENERGIA DE BIOMASSA INTEGRADO"**.

A presente invenção refere-se a um sistema de turbina a gás por
5 combustão de biomassa indiretamente acionado com uma câmara de combustão de partículas de biomassa para produzir um gás de combustão, um permutador de calor proporcionando uma relação de troca de calor entre o gás de combustão da câmara de combustão e o ar comprimido, e uma turbina a gás. A câmara de combustão pode ser um incinerador ciclônico com
10 uma camisa de combustão formando uma câmara de combustão, uma entrada de alimentação de biomassa em uma extremidade da câmara de combustão, formada através da camisa de combustão para receber partículas de biomassa de um sistema de alimentação de combustível, em que a entrada de alimentação de biomassa é formada de modo que as partículas de biomassa são introduzidas na câmara de combustão com um componente tangencial, e uma pluralidade de bocais de ar formados através da camisa de combustão para receber ar, em que pelo menos um dos bocais de ar está disposto de modo a introduzir o ar na câmara de combustão com um componente tangencial.

REIVINDICAÇÕES

1. Combustor ciclônico compreendendo: um revestimento de combustão formando uma câmara de combustão dotada de um formato em geral cilíndrico; uma entrada de alimentação de biomassa em uma extremidade da câmara de combustão formada através do revestimento de combustão para receber partículas de biomassa sob pressão, onde a entrada de alimentação de biomassa é formada de modo que as partículas de biomassa são introduzidas na zona de ignição da câmara de combustão com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal do revestimento de combustão; e uma pluralidade de bocais de ar formados através do revestimento de combustão para receber ar comprimido, em que a pluralidade de bocais de ar é disposta para introduzir o ar comprimido na câmara de combustão com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal do revestimento de combustão, em que a pluralidade de bocais de ar é espaçada ao longo do comprimento do revestimento de combustão a partir de cerca da entrada de alimentação de biomassa; e um separador ciclônico de cinzas compreendendo: um elemento afogador compreendendo uma abertura de área de seção transversal reduzida em comparação com a área de seção transversal da câmara de combustão, o elemento afogador dotado de uma entrada em comunicação com a saída da câmara de combustão para receber o gás de combustão a partir da câmara de combustão, e uma abertura de cinzas particuladas definida entre o elemento afogador e o revestimento de combustão, em que pelo menos uma porção das cinzas particuladas sai da câmara de combustão por meio da abertura de cinzas particuladas.
2. Combustor ciclônico, de acordo com a reivindicação 1, em que a câmara de combustão compreende uma zona de ignição, uma zona de combustão, e uma zona de diluição disposta longitudinalmente ao longo do eixo da câmara de combustão, em que pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de ignição para inflamação das partículas de biomassa para iniciar a combustão, onde pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de combustão para

completar a combustão das partículas de biomassa a partir da zona de ignição, e em que pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de diluição para diluir o gás de combustão a uma temperatura adequada para uso em uma turbina de gás.

3. Combustor ciclônico, de acordo com a reivindicação 2, em que uma quantidade subestequiométrica de ar comprimido é fornecida para a zona de ignição.

4. Combustor ciclônico, de acordo com a reivindicação 1, em que a pluralidade de bocais é disposta em uma pluralidade de fileiras espaçadas ao longo do comprimento do eixo longitudinal do revestimento de combustão, em que cada fileira contém pelo menos um bocal distribuído no mesmo plano, em que o pelo menos um bocal de ar em uma ou mais da pluralidade de fileiras é deslocado em cerca de 90° ao longo da circunferência do revestimento de combustão com relação à fileira precedente.

5. Combustor ciclônico, de acordo com a reivindicação 1, em que a pluralidade de bocais é disposta em uma pluralidade de fileiras espaçadas ao longo do comprimento do eixo longitudinal do revestimento de combustão, onde cada fileira contém pelo menos um bocal distribuído no mesmo plano, em que o pelo menos um bocal de ar em uma ou mais da pluralidade de fileiras é maior do que o pelo menos um bocal de ar no revestimento de combustão com relação à fileira precedente.

6. Combustor ciclônico, de acordo com a reivindicação 1, em que o combustor ciclônico adicionalmente compreende um invólucro externo dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento de combustão de modo a definir pelo menos um difusor de ar entre o invólucro externo e o revestimento de combustão, onde o pelo menos um difusor de ar está em comunicação com a câmara de combustão por meio da pluralidade de bocais de ar de modo que o ar comprimido é fornecido para a câmara de combustão através do difusor de ar.

7. Combustor ciclônico, de acordo com a reivindicação 1, em que o combustor ciclônico adicionalmente compreende: um revestimento

interno dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento de combustão de modo a definir pelo menos um difusor de ar entre o invólucro externo e o revestimento de combustão, onde o pelo menos um difusor de ar está em comunicação com a câmara de combustão por meio da pluralidade de bocais de ar de modo que o ar comprimido é fornecido para a câmara de combustão através do pelo menos um difusor de alimentação de ar; e um invólucro externo dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento interno de modo a definir um difusor de resfriamento entre o invólucro externo e o revestimento interno, em que o difusor de resfriamento está em comunicação com o pelo menos um difusor de ar de modo que o ar comprimido é fornecido ao difusor de ar por meio do difusor de resfriamento.

8. Combustor ciclônico compreendendo: um revestimento de combustão formando uma câmara de combustão dotada de um formato em geral cilíndrico e dotada de uma zona de ignição, uma zona de combustão, e uma zona de diluição disposta longitudinalmente ao longo do eixo da câmara de combustão; uma entrada de alimentação de biomassa em uma extremidade da câmara de combustão formada através do revestimento de combustão para receber partículas de biomassa sob pressão, em que a entrada de alimentação de biomassa é formada de modo que as partículas de biomassa são introduzidas na zona de ignição da câmara de combustão com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal do revestimento de combustão; e uma pluralidade de bocais de ar formados através do revestimento de combustão para receber ar comprimido, em que a pluralidade de bocais de ar é disposta para introduzir o ar comprimido na câmara de combustão com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal do revestimento de combustão, onde a pluralidade de bocais de ar é espaçada ao longo do comprimento do revestimento de combustão a partir de cerca da entrada de alimentação de biomassa; e em que pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de ignição para inflamação das partículas de biomassa para iniciar a combustão, em que pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece

uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de combustão para completar a combustão das partículas de biomassa a partir da zona de ignição, e onde pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de diluição para diluir o gás de combustão a uma temperatura adequada para uso em uma turbina de gás.

9. Combustor ciclônico, de acordo com a reivindicação 8, em que uma quantidade subestequiométrica de ar comprimido é fornecida para a zona de ignição.

10. Combustor ciclônico, de acordo com a reivindicação 8, em que a pluralidade de bocais aumenta de tamanho ao longo do comprimento do eixo longitudinal do revestimento de combustão.

11. Combustor ciclônico, de acordo com a reivindicação 8, em que a pluralidade de bocais é disposta em uma pluralidade de fileiras espaçadas ao longo do comprimento do eixo longitudinal do revestimento de combustão, em que cada fileira contém pelo menos um bocal distribuído ao longo do mesmo plano.

12. Combustor ciclônico, de acordo com a reivindicação 11, em que o pelo menos um bocal de ar em uma ou mais da pluralidade de fileiras é deslocado em cerca de 90° ao longo da circunferência do revestimento de combustão com relação à fileira precedente.

13. Combustor ciclônico, de acordo com a reivindicação 11, em que o pelo menos um bocal de ar em uma ou mais da pluralidade de fileiras é maior do que o pelo menos um bocal de ar no revestimento de combustão com relação à fileira precedente.

14. Combustor ciclônico, de acordo com a reivindicação 8, em que o combustor ciclônico adicionalmente compreende um invólucro externo dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento de combustão de modo a definir pelo menos um difusor de ar entre o invólucro externo e o revestimento de combustão, em que o pelo menos um difusor de ar está em comunicação com a câmara de combustão por meio da pluralidade de bocais de ar de modo que o ar comprimido é fornecido para a câmara

de combustão através do difusor de ar.

15. Combustor ciclônico, de acordo com a reivindicação 8, em que o combustor ciclônico adicionalmente compreende: um revestimento interno dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento de combustão de modo a definir pelo menos um difusor de ar entre o
5 invólucro externo e o revestimento de combustão, em que o pelo menos um difusor de ar está em comunicação com a câmara de combustão por meio da pluralidade de bocais de ar de modo que o ar comprimido é fornecido para a câmara de combustão através do pelo menos um difusor de alimentação de ar; e um invólucro externo dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento interno de modo a definir um difusor de resfriamento entre o invólucro externo e o revestimento interno, em que o difusor de resfriamento está em comunicação com o pelo menos um difusor de ar de modo que o ar comprimido é fornecido ao difusor de ar por meio do difusor de resfriamento.
10 15

16. Combustor ciclônico, de acordo com a reivindicação 8, adicionalmente compreendendo um separador ciclônico de cinzas compreendendo: um elemento afogador compreendendo uma abertura de área de seção transversal reduzida em comparação com a área de seção transversal da câmara de combustão, uma entrada em comunicação com a saída da câmara de combustão para receber o gás de combustão a partir da câmara de combustão, e uma saída em comunicação com a seção de turbina da turbina de gás para suprir a turbina de gás com o gás de combustão; e uma abertura de cinzas particuladas definida entre o elemento afogador e o revestimento de combustão, em que pelo menos uma porção das cinzas particuladas sai da câmara de combustão por meio da abertura de cinzas particuladas.
20 25

17. Sistema de turbina um gás pressurizada com biomassa por combustível de acionamento direto compreendendo: um sistema de alimentação pressurizado compreendendo: uma pluralidade de câmaras em que
30 uma primeira câmara que recebe partículas de biomassa em pressão atmosférica e abastece a segunda câmara com partículas de biomassa sob pres-

são, uma primeira válvula posicionada em uma entrada da primeira câmara, uma segunda válvula posicionada em uma saída da primeira câmara para a segunda câmara, e um compressor de ar disposto para pressurizar a primeira câmara; um combustor ciclônico para a combustão das partículas de biomassa sob pressão para produzir um gás de combustão e cinza particulada, o combustor ciclônico compreendendo: um revestimento de combustão formando uma câmara de combustão dotada de um formato em geral cilíndrico, em que a câmara de combustão é dotada de uma pressão menor do que a pressão da segunda câmara do sistema de alimentação pressurizado, uma entrada de alimentação de biomassa em uma extremidade da câmara de combustão formada através do revestimento de combustão para receber as partículas de biomassa a partir do sistema de alimentação pressurizado, em que a entrada de alimentação de biomassa é formada de modo que as partículas de biomassa são introduzidas na câmara de combustão com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal do revestimento de combustão, e uma pluralidade de bocais de ar formados através do revestimento de combustão para receber ar comprimido, em que a pluralidade de bocais de ar é disposta para introduzir o ar comprimido na câmara de combustão com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal do revestimento de combustão; e uma turbina a gás compreendendo: uma seção de turbina compreendendo uma entrada em comunicação com a câmara de combustão para receber o gás de combustão a partir da câmara de combustão, em que a seção de turbina é direcionada pelo gás de combustão.

18. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, em que o sistema de alimentação pressurizado adicionalmente compreende uma válvula giratória disposta para alimentar quantidades variáveis de partículas de biomassa para a câmara de combustão.

19. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, em que a primeira válvula e a segunda válvula são válvulas de porta deslizante.

20. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, em que a câmara de combustão compreende uma zona de ignição, uma zona de combustão, e uma zona de diluição dispostas longitudinalmente ao longo do eixo da

câmara de combustão, em que pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de ignição para inflamação das partículas de biomassa para iniciar a combustão, em que pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de combustão para completar a combustão das partículas de biomassa a partir da zona de ignição, e em que pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de diluição para diluir o gás de combustão a uma temperatura adequada para uso em uma turbina de gás.

21. Sistema, de acordo com a reivindicação 20, em que uma quantidade subestequiométrica de ar comprimido é fornecida para a zona de ignição.

22. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, em que a pluralidade de bocais aumenta de tamanho ao longo do comprimento do eixo longitudinal do revestimento de combustão.

23. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, em que a pluralidade de bocais é disposta em uma pluralidade de fileiras espaçadas ao longo do comprimento do eixo longitudinal do revestimento de combustão, onde cada fileira contém pelo menos um bocal distribuído no mesmo plano.

24. Sistema, de acordo com a reivindicação 23, em que o pelo menos um bocal de ar em uma ou mais da pluralidade de fileiras é deslocado em cerca de 90° ao longo da circunferência do revestimento de combustão com relação à fileira precedente.

25. Sistema, de acordo com a reivindicação 23, em que o pelo menos um bocal de ar em uma ou mais da pluralidade de fileiras é maior do que o pelo menos um bocal de ar no revestimento de combustão com relação à fileira precedente.

26. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, em que o combustor ciclônico adicionalmente compreende um invólucro externo dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento de combustão de modo a definir pelo menos um difusor de ar entre o invólucro externo e o revestimento de combustão, em que o pelo menos um difusor de ar está em

comunicação com a câmara de combustão por meio da pluralidade de bocais de ar de modo que o ar comprimido é fornecido para a câmara de combustão através do difusor de ar.

27. Sistema, de acordo com a reivindicação 26, em que cada um
5 do pelo menos um difusor de ar está em comunicação com uma alimentação de ar comprimido correspondente, onde a alimentação de ar comprimido correspondente compreende uma válvula para controlar o suprimento do ar comprimido para a câmara de combustão através do difusor de ar que está em comunicação com a válvula.

28. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, em que o combustor ciclônico adicionalmente compreende: um revestimento interno dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento de combustão de modo a definir pelo menos um difusor de ar entre o invólucro externo e o revestimento de combustão, em que o pelo menos um difusor de ar
15 está em comunicação com a câmara de combustão por meio da pluralidade de bocais de ar de modo que o ar comprimido é fornecido para a câmara de combustão através do pelo menos um difusor de alimentação de ar; e um invólucro externo dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento interno de modo a definir um difusor de resfriamento entre o
20 invólucro externo e o revestimento interno, em que o difusor de resfriamento está em comunicação com o pelo menos um difusor de ar de modo que o ar comprimido é fornecido ao difusor de ar por meio do difusor de resfriamento.

29. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, em que a turbina de gás adicionalmente compreende uma seção de compressor direcionada
25 por uma seção de turbina da turbina de gás, em que a seção de compressor é disposta para proporcionar o ar comprimido para a câmara de combustão.

30. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, em que a primeira porção do ar comprimido a partir da seção de compressor é fornecida para a câmara de combustão, e a segunda porção do ar comprimido transporta
30 as partículas de biomassa a partir do sistema de alimentação pressurizado para a câmara de combustão.

31. Sistema, de acordo com a reivindicação 30, adicionalmente

compreendendo um trocador de calor para resfriar a segunda porção do ar comprimido a partir da seção de compressor.

32. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, em que a turbina de gás é dotada de uma proporção de pressão na faixa de cerca de 8:1 a cerca de 20:1.

33. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, adicionalmente compreendendo um gerador elétrico acoplado à turbina de gás para gerar energia elétrica, em que o gerador elétrico é direcionado por uma seção de turbina da turbina de gás.

34. Sistema, de acordo com a reivindicação 33, em que o sistema é construído e disposto para gerar menos que cerca de 10 megawatts de eletricidade.

35. Sistema, de acordo com a reivindicação 33, em que a turbina de gás compreende um único eixo que direciona a seção de compressor e o gerador elétrico.

36. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, em que o sistema adicionalmente compreende uma unidade de recuperação de calor em comunicação com a corrente de exaustão a partir da seção de turbina da turbina de gás.

37. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, adicionalmente compreendendo um separador ciclônico de cinzas compreendendo: um elemento afogador compreendendo uma abertura de área de seção transversal reduzida em comparação com a área de seção transversal da câmara de combustão, e uma entrada em comunicação com a saída da câmara de combustão para receber o gás de combustão a partir da câmara de combustão, e uma saída em comunicação com a seção de turbina da turbina de gás para suprir a turbina de gás com o gás de combustão; e uma abertura de cinzas particuladas definida entre o elemento afogador e o revestimento de combustão, em que pelo menos uma porção das cinzas particuladas sai da câmara de combustão por meio da abertura de cinzas particuladas.

38. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, adicionalmente compreendendo um conjunto de transição compreendendo um revestimento

interno que forma uma passagem de gás de combustão, a passagem de gás de combustão compreendendo uma entrada em comunicação com a saída do elemento afogador para receber o gás de combustão, e uma saída em comunicação com a turbina de gás para suprir a turbina de gás com o gás de combustão.

39. Sistema, de acordo com a reivindicação 38, em que a passagem de gás de combustão é dotada de uma área de seção transversal menor na saída do que na entrada.

40. Sistema, de acordo com a reivindicação 38, adicionalmente compreendendo um invólucro externo circundando o revestimento interno de modo a definir um difusor de resfriamento entre o invólucro externo e o invólucro interno, em que o difusor de resfriamento está em comunicação com a pluralidade de bocais de ar.

41. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, adicionalmente compreendendo um separador ciclônico de cinzas compreendendo uma entrada em comunicação com a saída da câmara de combustão para receber uma mistura do gás de combustão e cinza particulada, onde o separador ciclônico de cinzas pelo menos parcialmente separa o gás de combustão a partir da cinza particulada e adicionalmente compreende uma saída em comunicação com a seção de turbina da turbina de gás para suprir a turbina de gás com o gás de combustão.

42. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, adicionalmente compreendendo um sistema de entrada de combustível para proporcionar partículas de biomassa dimensionadas e secas ao sistema de alimentação pressurizado.

43. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, adicionalmente compreendendo um segundo compressor disposta para fornecer ar comprimido que transporta as partículas de biomassa a partir do sistema de alimentação pressurizado para a câmara de combustão.

44. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, adicionalmente compreendendo um bico de gás conectado ao combustor ciclônico.

45. Sistema de turbina um gás pressurizada com biomassa por

combustível de acionamento direto compreendendo: um sistema de alimentação pressurizado compreendendo: um combustor ciclônico para a combustão das partículas de biomassa sob pressão para produzir um gás de combustão e cinza particulada, o combustor ciclônico compreendendo: um revestimento de combustão formando uma câmara de combustão dotada de um formato em geral cilíndrico e dotada de uma zona de ignição, uma zona de combustão, e uma zona de diluição dispostas longitudinalmente ao longo do eixo da câmara de combustão, uma entrada de alimentação de biomassa em uma extremidade da câmara de combustão formada através do revestimento de combustão para receber as partículas de biomassa a partir do sistema de alimentação pressurizado, em que a entrada de alimentação de biomassa é formada de modo que as partículas de biomassa são introduzidas na câmara de combustão com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal do revestimento de combustão, e uma pluralidade de bocais de ar formados através do revestimento de combustão para receber ar comprimido, em que a pluralidade de bocais de ar é disposta para introduzir o ar comprimido na câmara de combustão com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal do revestimento de combustão, em que a pluralidade de bocais de ar é espaçada ao longo do comprimento do revestimento de combustão a partir de cerca da entrada de alimentação de biomassa, em que pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de ignição para inflamação das partículas de biomassa para iniciar a combustão, em que pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de combustão para completar a combustão das partículas de biomassa a partir da zona de ignição, e onde pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de diluição para diluir o gás de combustão a uma temperatura adequada para uso em uma turbina de gás; e a turbina de gás compreendendo: uma seção de turbina compreendendo uma entrada em comunicação com a câmara de combustão para receber o gás de combustão a partir da câmara de combustão, onde a seção de turbina é direcionada pelo gás de

combustão.

46. Sistema, de acordo com a reivindicação 45, em que o sistema de alimentação pressurizado compreende: uma pluralidade de câmaras em que uma primeira câmara recebe partículas de biomassa em pressão atmosférica e abastece a segunda câmara com partículas de biomassa sob pressão; uma primeira válvula posicionada em uma entrada da primeira câmara; uma segunda válvula posicionada em uma saída da primeira câmara para a segunda câmara; e um compressor de ar disposto para pressurizar a primeira câmara.

47. Sistema, de acordo com a reivindicação 45, em que uma quantidade subestequiométrica de ar comprimido é fornecida para a zona de ignição.

48. Sistema, de acordo com a reivindicação 45, em que a pluralidade de bocais aumenta de tamanho ao longo do comprimento do eixo longitudinal do revestimento de combustão.

49. Sistema, de acordo com a reivindicação 45, em que a pluralidade de bocais é disposta em uma pluralidade de fileiras espaçadas ao longo do comprimento do eixo longitudinal do revestimento de combustão, onde cada fileira contém pelo menos um bocal distribuído ao longo do mesmo plano.

50. Sistema, de acordo com a reivindicação 49, em que o pelo menos um bocal de ar em uma ou mais da pluralidade de fileiras é deslocado em cerca de 90° ao longo da circunferência do revestimento de combustão com relação à fileira precedente.

51. Sistema, de acordo com a reivindicação 49, em que o pelo menos um bocal de ar em uma ou mais da pluralidade de fileiras é maior do que o pelo menos um bocal de ar no revestimento de combustão com relação à fileira precedente.

52. Sistema, de acordo com a reivindicação 45, em que a turbina de gás adicionalmente compreende uma seção de compressor direcionada por uma seção de turbina da turbina de gás, onde a seção de compressor é disposta para proporcionar o ar comprimido para a câmara de combustão.

53. Sistema, de acordo com a reivindicação 45, adicionalmente compreendendo um gerador elétrico acoplado à turbina de gás para gerar energia elétrica, em que o gerador elétrico é direcionado por uma seção de turbina da turbina de gás.

5 54. Sistema, de acordo com a reivindicação 45, adicionalmente compreendendo um separador ciclônico de cinzas compreendendo: um elemento afogador compreendendo uma abertura de área de seção transversal reduzida em comparação com a área de seção transversal da câmara de combustão, uma entrada em comunicação com a saída da câmara de combustão para receber o gás de combustão a partir da câmara de combustão, e uma saída em comunicação com a seção de turbina da turbina de gás para suprir a turbina de gás com o gás de combustão, e uma abertura de cinzas particuladas definida entre o elemento afogador e o revestimento de combustão, em que pelo menos uma porção das cinzas particuladas sai da câmara de combustão por meio da abertura de cinzas particuladas.

10

15

55. Sistema, de acordo com a reivindicação 54, adicionalmente compreendendo um conjunto de transição compreendendo um revestimento interno que forma uma passagem de gás de combustão, a passagem de gás de combustão compreendendo uma entrada em comunicação com a saída do elemento afogador para receber o gás de combustão, e uma saída em comunicação com a turbina de gás para suprir a turbina de gás com o gás de combustão.

20

56. Sistema de turbina um gás pressurizada com biomassa por combustível de acionamento direto compreendendo: um sistema de alimentação pressurizado compreendendo: um combustor ciclônico para a combustão das partículas de biomassa sob pressão para produzir um gás de combustão e cinza particulada, o combustor ciclônico compreendendo: um revestimento de combustão formando uma câmara de combustão dotada de um formato em geral cilíndrico, uma entrada de alimentação de biomassa em uma extremidade da câmara de combustão formada através do revestimento de combustão para receber as partículas de biomassa a partir do sistema de alimentação pressurizado, em que a entrada de alimentação de bi-

25

30

omassa é formada de modo que as partículas de biomassa são introduzidas na câmara de combustão com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal do revestimento de combustão, em que pluralidade de bocais de ar formados através do revestimento de combustão para receber ar comprimido, onde a pluralidade de bocais de ar é disposta para introduzir o ar comprimido na câmara de combustão com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal do revestimento de combustão, onde a pluralidade de bocais de ar é espaçada ao longo do comprimento do revestimento de combustão a partir de cerca da entrada de alimentação de biomassa, e um separador ciclônico de cinzas compreendendo: um elemento afogador compreendendo uma abertura de área de seção transversal reduzida em comparação com a área de seção transversal da câmara de combustão, o elemento afogador dotado de uma entrada em comunicação com a saída da câmara de combustão para receber o gás de combustão a partir da câmara de combustão, e uma abertura de cinzas particuladas definida entre o elemento afogador e o revestimento de combustão, em que pelo menos uma porção das cinzas particuladas sai da câmara de combustão por meio da abertura de cinzas particuladas. a turbina de gás compreendendo: uma seção de turbina compreendendo uma entrada em comunicação com a câmara de combustão para receber o gás de combustão a partir da câmara de combustão, onde a seção de turbina é direcionada pelo gás de combustão.

57. Sistema, de acordo com a reivindicação 56, em que o sistema de alimentação pressurizado compreende: uma pluralidade de câmaras em que uma primeira câmara recebe partículas de biomassa em pressão atmosférica e abastece a segunda câmara com partículas de biomassa sob pressão; uma primeira válvula posicionada em uma entrada da primeira câmara; uma segunda válvula posicionada em uma saída da primeira câmara para a segunda câmara; e um compressor de ar disposto para pressurizar a primeira câmara.

58. Sistema, de acordo com a reivindicação 56, em que a câmara de combustão compreende uma zona de ignição, uma zona de combustão, e uma zona de diluição disposta longitudinalmente ao longo do eixo da

câmara de combustão, em que pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de ignição para inflamação das partículas de biomassa para iniciar a combustão, em que pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de combustão para completar a combustão das partículas de biomassa a partir da zona de ignição, e em que pelo menos um da pluralidade de bocais de ar fornece uma quantidade suficiente de ar comprimido para a zona de diluição para diluir o gás de combustão a uma temperatura adequada para uso em uma turbina de gás.

59. Sistema, de acordo com a reivindicação 58, em que uma quantidade subestequiométrica de ar comprimido é fornecida para a zona de ignição.

60. Sistema, de acordo com a reivindicação 56, em que a pluralidade de bocais é disposta em uma pluralidade de fileiras espaçadas ao longo do comprimento do eixo longitudinal do revestimento de combustão, em que cada fileira contém pelo menos um bocal distribuído no mesmo plano, em que o pelo menos um bocal de ar em uma ou mais da pluralidade de fileiras é deslocado em cerca de 90° ao longo da circunferência do revestimento de combustão com relação à fileira precedente.

61. Sistema, de acordo com a reivindicação 56, em que a pluralidade de bocais é disposta em uma pluralidade de fileiras espaçadas ao longo do comprimento do eixo longitudinal do revestimento de combustão, em que cada fileira contém pelo menos um bocal distribuído no mesmo plano, em que o pelo menos um bocal de ar em uma ou mais da pluralidade de fileiras é maior do que o pelo menos um bocal de ar no revestimento de combustão com relação à fileira precedente.

62. Sistema, de acordo com a reivindicação 56, em que o combustor ciclônico adicionalmente compreende um invólucro externo dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento de combustão de modo a definir pelo menos um difusor de ar entre o invólucro externo e o revestimento de combustão, em que o pelo menos um difusor de ar está em comunicação com a câmara de combustão por meio da pluralidade de bo-

cais de ar de modo que o ar comprimido é fornecido para a câmara de combustão através do difusor de ar.

63. Sistema, de acordo com a reivindicação 56, em que o combustor ciclônico adicionalmente compreende: um revestimento interno dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento de combustão de modo a definir pelo menos um difusor de ar entre o invólucro externo e o revestimento de combustão, em que o pelo menos um difusor de ar está em comunicação com a câmara de combustão por meio da pluralidade de bocais de ar de modo que o ar comprimido é fornecido para a câmara de combustão através do pelo menos um difusor de alimentação de ar; e um invólucro externo dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento interno de modo a definir um difusor de resfriamento entre o invólucro externo e o revestimento interno, em que o difusor de resfriamento está em comunicação com o pelo menos um difusor de ar de modo que o ar comprimido é fornecido ao difusor de ar por meio do difusor de resfriamento.

64. Sistema, de acordo com a reivindicação 56, em que a turbina de gás adicionalmente compreende uma seção de compressor direcionada por uma seção de turbina da turbina de gás, em que a seção de compressor é disposta para proporcionar o ar comprimido para a câmara de combustão.

65. Sistema, de acordo com a reivindicação 56, adicionalmente compreendendo um gerador elétrico acoplado à turbina de gás para gerar energia elétrica, em que o gerador elétrico é direcionado por uma seção de turbina da turbina de gás.

66. Sistema, de acordo com a reivindicação 56, adicionalmente compreendendo um conjunto de transição compreendendo um revestimento interno que forma uma passagem de gás de combustão, a passagem de gás de combustão compreendendo uma entrada em comunicação com a saída do elemento afogador para receber o gás de combustão, e uma saída em comunicação com a turbina de gás para suprir a turbina de gás com o gás de combustão.

67. Sistema, de acordo com a reivindicação 66, adicionalmente compreendendo um invólucro externo circundando o revestimento interno de

modo a definir um difusor de resfriamento entre o invólucro externo e o invólucro interno, em que o difusor de resfriamento está em comunicação com a pluralidade de bocais de ar.

68. Método para operar um combustor ciclônico compreendendo
- 5 um revestimento de combustão que forma a câmara de combustão de formato substancialmente cilíndrico, compreendendo: fornecer partículas de biomassa sob pressão a uma zona de ignição da câmara de combustão, em que as partículas de biomassa são transferidas para dentro da zona de ignição com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal da câ-
 - 10 mara de combustão; fornecer ar comprimido para a zona de ignição da câmara de combustão em uma quantidade suficiente para iniciar a combustão das partículas de biomassa, em que o ar comprimido é fornecido para a zona de ignição com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal da câmara de combustão de modo que as partículas de biomassa giram
 - 15 na câmara de combustão em um movimento ciclônico; mover as partículas de biomassa inflamadas a partir da zona de ignição da câmara de combustão a uma zona de combustão da câmara de combustão; fornecer ar comprimido para a zona de combustão da câmara de combustão em uma quantidade suficiente para completar a combustão das partículas de biomassa,
 - 20 em que o ar comprimido é fornecido para a zona de combustão com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal da câmara de combustão de modo que as partículas de biomassa girem na câmara de combustão em um movimento ciclônico; mover o gás de combustão e cinza particulada, produzidos a partir da combustão das partículas de biomassa a
 - 25 uma zona de diluição da câmara de combustão; e fornecer ar comprimido para a zona de diluição da câmara de combustão em uma quantidade suficiente para diluir o gás de combustão a uma temperatura adequada para uso em uma turbina de gás, em que o ar comprimido é fornecido para a zona de diluição com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal da
 - 30 câmara de combustão de modo que a cinza particulada e o gás de combustão girem na câmara de combustão em um movimento ciclônico.

69. Método, de acordo com a reivindicação 68, em que o ar com-

primido é fornecido para a zona de ignição, zona de combustão, e zona de diluição através de uma pluralidade de bocais formados através do revestimento de combustão.

5 70. Método, de acordo com a reivindicação 69, em que a pluralidade de bocais no revestimento de combustão é disposta em uma pluralidade de fileiras espaçadas ao longo do comprimento do eixo longitudinal do revestimento de combustão, em que cada fileira contém pelo menos um bocal distribuído no mesmo plano.

10 71. Método, de acordo com a reivindicação 70, em que o pelo menos um bocal de ar em uma ou mais da pluralidade de fileiras é deslocado em cerca de 90° ao longo da circunferência do revestimento de combustão com relação à fileira precedente.

15 72. Método, de acordo com a reivindicação 70, em que o pelo menos um bocal de ar em uma ou mais da pluralidade de fileiras é maior do que o pelo menos um bocal de ar no revestimento de combustão com relação à fileira precedente.

73. Método, de acordo com a reivindicação 68, em que uma quantidade subestequiométrica de ar comprimido é fornecida para a zona de ignição.

20 74. Método, de acordo com a reivindicação 68, adicionalmente compreendendo fornecer o ar comprimido a pelo menos um difusor de ar em comunicação com a câmara de combustão pressurizada de modo que o ar comprimido é fornecido a cada zona da câmara de combustão através do pelo menos um difusor, em que o pelo menos um difusor é definido pelo revestimento de combustão e um invólucro externo dotado de um formato em
25 geral cilíndrico e circundando o revestimento de combustão.

30 75. Método, de acordo com a reivindicação 68, adicionalmente compreendendo: fornecer o ar comprimido a pelo menos um difusor de ar em comunicação com a câmara de combustão pressurizada de modo que o ar comprimido é fornecido a cada zona da câmara de combustão através do pelo menos um difusor de ar, onde o pelo menos um difusor é definido pelo revestimento de combustão e um revestimento intermediário dotado de um

formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento de combustão; e fornecer o ar comprimido a um difusor de resfriamento em comunicação com o pelo menos um difusor de ar, de modo que o ar comprimido é fornecido ao pelo menos um difusor de ar através da câmara de resfriamento, em que a

5 câmara de resfriamento é definida pelo revestimento intermediário e um invólucro externo dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento intermediário.

76. Método para operar um combustor ciclônico compreendendo um revestimento de combustão que forma a câmara de combustão de formato substancialmente cilíndrico, compreendendo: fornecer partículas de

10 biomassa para a câmara de combustão sob pressão, em que as partículas de biomassa são transferidas para dentro da câmara de combustão pressurizada com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal da câmara de combustão; fornecer ar comprimido to a câmara de combustão

15 pressurizada, em que o ar comprimido é fornecido para a câmara de combustão com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal da câmara de combustão de modo que as partículas de biomassa girem na câmara de combustão em um movimento ciclônico; queimar as partículas de biomassa na câmara de combustão para produzir um gás de combustão e

20 cinza particulada, onde o gás de combustão e a cinza particulada se movem através da câmara de combustão em um movimento ciclônico; mover uma porção substancial do gás de combustão através de uma abertura em um elemento afogador presente no combustor ciclônico, em que a abertura do afogador é dotada de uma área de seção transversal reduzida em compara-

25 ção com a área de seção transversal da câmara de combustão; e permitir que pelo menos uma porção das cinzas particuladas saia da câmara de combustão através de uma abertura de cinzas particuladas definida entre o elemento afogador e o revestimento de combustão.

77. Método, de acordo com a reivindicação 76, em que o ar

30 comprimido é fornecido para a zona de combustão através de uma pluralidade de bocais formada através do revestimento de combustão, em que a pluralidade de bocais é disposta em uma pluralidade de fileiras espaçadas

ao longo do comprimento do eixo longitudinal do revestimento de combustão, em que cada fileira contém pelo menos um bocal distribuído no mesmo plano.

78. Método, de acordo com a reivindicação 77, em que o pelo menos um bocal de ar em uma ou mais da pluralidade de fileiras é deslocado em cerca de 90° ao longo da circunferência do revestimento de combustão com relação à fileira precedente.

79. Método, de acordo com a reivindicação 77, em que o pelo menos um bocal de ar em uma ou mais da pluralidade de fileiras é maior do que o pelo menos um bocal de ar no revestimento de combustão com relação à fileira precedente.

80. Método, de acordo com a reivindicação 76, em que a câmara de combustão compreende uma zona de ignição, uma zona de combustão, e uma zona de diluição disposta longitudinalmente ao longo do eixo da câmara de combustão, em que uma quantidade suficiente de ar comprimido é fornecida para a zona de ignição para inflamação das partículas de biomassa para iniciar a combustão, em que uma quantidade suficiente de ar comprimido é fornecida para a zona de combustão para completar a combustão das partículas de biomassa a partir da zona de ignição, e uma quantidade suficiente de ar comprimido é fornecida para a zona de diluição para diluir o gás de combustão a uma temperatura adequada para uso em uma turbina de gás.

81. Método, de acordo com a reivindicação 76, em que uma quantidade subestequiométrica de ar comprimido é fornecida para a zona de ignição.

82. Método, de acordo com a reivindicação 76, adicionalmente compreendendo fornecer o ar comprimido a pelo menos um difusor de ar em comunicação com a câmara de combustão pressurizada de modo que o ar comprimido é fornecido para a câmara de combustão através do pelo menos um difusor de ar, em que o pelo menos um difusor é definido pelo revestimento de combustão e um invólucro externo dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento de combustão.

83. Método, de acordo com a reivindicação 76, adicionalmente

compreendendo: fornecer o ar comprimido to pelo menos um difusor de ar em comunicação com a câmara de combustão pressurizada de modo que o ar comprimido é fornecido para a câmara de combustão através do pelo menos um difusor de ar, em que o pelo menos um difusor é definido pelo revestimento de combustão e um revestimento intermediário dotada de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento de combustão; e fornecer o ar comprimido a um difusor de resfriamento em comunicação com o pelo menos um difusor de ar, de modo que o ar comprimido é fornecido to o pelo menos um difusor de ar através da câmara de resfriamento, onda câmara de resfriamento é definida pelo o revestimento intermediário e um invólucro externo dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento intermediário.

84. Método para direcionar o acionamento de uma turbina a gás, compreendendo: fornecer partículas de biomassa a uma primeira câmara em pressão atmosférica; pressurizar a primeira câmara com ar comprimido a partir do compressor; transferir as partículas de biomassa a partir da primeira câmara pressurizada para a segunda câmara pressurizada; transferir as partículas de biomassa a partir da segunda câmara pressurizada para uma câmara de combustão pressurizada, a câmara de combustão pressurizada dotada de um formato em geral cilíndrico, em que as partículas de biomassa são transferidas para dentro da câmara de combustão pressurizada com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal da câmara de combustão; fornecer ar comprimido a câmara de combustão pressurizada, em que o ar comprimido é fornecido a câmara de combustão pressurizada com um componente tangencial com relação ao eixo longitudinal da câmara de combustão de modo que as partículas de biomassa girem na câmara de combustão em um movimento ciclônico; queimar as partículas de biomassa na câmara de combustão para produzir um gás de combustão e cinza particulada; separar pelo menos uma porção das cinzas particuladas a partir do gás de combustão; fornecer o gás de combustão a partir da câmara de combustão a uma turbina a gás compreendendo uma seção de turbina; e permitir que o gás de combustão se expanda através da seção de turbina da turbina

de gás de modo a gerar energia mecânica.

85. Método, de acordo com a reivindicação 84, em que as partículas de biomassa fornecidas para a primeira câmara são dotadas de uma maior dimensão de menos que cerca de 3 milímetros.

5 86. Método, de acordo com a reivindicação 84, em que a etapa de pressurizar a primeira câmara ocorre com uma frequência de cerca de uma vez por minuto ou menos.

10 87. Método, de acordo com a reivindicação 84, em que as partículas de biomassa são transferidas para a câmara de combustão pressurizada a uma pressão na faixa de cerca de 275,8 KPa (40 libras por polegada quadrada) acerca de 2068,4 KPa (300 libras por polegada quadrada).

15 88. Método, de acordo com a reivindicação 84, adicionalmente compreendendo a etapa de direcionar uma seção de compressor da turbina de gás com a energia mecânica gerada pela seção de turbina de modo a produzir uma corrente de ar comprimido.

 89. Método, de acordo com a reivindicação 84, em que pelo menos uma porção da corrente de ar comprimido a partir da seção de compressor transporta as partículas de biomassa a partir da segunda câmara pressurizada para uma câmara de combustão pressurizada.

20 90. Método, de acordo com a reivindicação 84, em que pelo menos uma porção da corrente de ar comprimido é o ar comprimido fornecido para a câmara de combustão pressurizada.

25 91. Método, de acordo com a reivindicação 84, adicionalmente compreendendo a etapa de direcionar um gerador elétrico com a energia mecânica gerada pela seção de turbina de modo a gerar energia elétrica.

 92. Método, de acordo com a reivindicação 84, em que uma corrente de exaustão a partir da seção de turbina é usada para proporcionar energia térmica.

30 93. Método, de acordo com a reivindicação 84, adicionalmente compreendendo fornecer o ar comprimido a pelo menos um difusor de ar em comunicação com a câmara de combustão pressurizada de modo que o ar comprimido é fornecido para a câmara de combustão através do pelo menos

um difusor de ar, em que o pelo menos um difusor é definido pelo um revestimento de combustão formando a câmara de combustão pressurizada e um invólucro externo dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento de combustão.

5 94. Método, de acordo com a reivindicação 84, adicionalmente compreendendo: fornecer o ar comprimido a pelo menos um difusor de ar em comunicação com a câmara de combustão pressurizada de modo que o ar comprimido é fornecido para a câmara de combustão através do pelo menos um difusor de ar, em que o pelo menos um difusor é definido pelo um
10 revestimento de combustão formando a câmara de combustão pressurizada e um revestimento intermediário dotada de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento de combustão; e fornecer o ar comprimido a um difusor de resfriamento em comunicação com o pelo menos um difusor de ar, de modo que o ar comprimido é fornecido to o pelo menos um difusor de
15 ar através da câmara de resfriamento, onda câmara de resfriamento é definida pelo o revestimento intermediário e um invólucro externo dotado de um formato em geral cilíndrico e circundando o revestimento intermediário.

 95. Método, de acordo com a reivindicação 84, em que a etapa de separar pelo menos uma porção das cinzas particuladas a partir do gás de
20 de combustão compreende: mover uma porção substancial do gás de combustão através de uma abertura em um elemento afogador em comunicação com a câmara de combustão pressurizada, em que a abertura do afogador é dotada de uma área de seção transversal reduzida em comparação com a área de seção transversal da câmara de combustão; e permitir que pelo me-
25 nos uma porção das cinzas particuladas saia da câmara de combustão através de uma abertura de cinzas particuladas definida entre o elemento afogador e o revestimento de combustão.

 96. Método, de acordo com a reivindicação 95, em que o gás de combustão é fornecido para a turbina de gás através da passagem em um
30 conjunto de transição, em que a abertura é formada por um revestimento interno.

 97. Método, de acordo com a reivindicação 96, em que o ar de

gás pressurizado é fornecido para a câmara de combustão através de um difusor de resfriamento em comunicação com a câmara de combustão, onde o difusor de resfriamento é definido entre o revestimento interno do conjunto de transição e um invólucro externo circundando o revestimento interno.