



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,  
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



**(11) BR 112019002270-8 B1**

**(22) Data do Depósito:** 25/07/2017

**(45) Data de Concessão:** 19/12/2023

**(54) Título:** SISTEMA DE TRATAMENTO DE EMISSÕES, FILTRO DE PARTÍCULAS CATALISADAS, MÉTODOS PARA O TRATAMENTO DE UM GÁS DE EXAUSTÃO E PARA A FABRICAÇÃO DE UM FILTRO DE PARTÍCULAS CATALISADAS

**(51) Int.Cl.:** F01N 3/035; F01N 3/10; F01N 3/28.

**(30) Prioridade Unionista:** 05/08/2016 EP 16182968.4.

**(73) Titular(es):** BASF CORPORATION.

**(72) Inventor(es):** JANOSCH CRAVILLON; STEPHAN SIEMUND; ATTILIO SIANI; THOMAS SCHMITZ; OLIVER SEEL; KNUT WASSERMANN.

**(86) Pedido PCT:** PCT EP2017068776 de 25/07/2017

**(87) Publicação PCT:** WO 2018/024547 de 08/02/2018

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 04/02/2019

**(57) Resumo:** A presente invenção se refere aos filtros em partículas catalisados que compreendem o material catalítico de conversão de três vias (TWC) que permeia as paredes de um filtro em partículas de maneira que o filtro em partículas catalisado possua uma porosidade revestida que seja menor que uma porosidade não revestida do filtro em partículas. A porosidade revestida é linearmente proporcional a uma carga de revestimento de lavagem do material catalítico de TWC. Uma contrapressão revestida não prejudica o desempenho do motor. Tais filtros em partículas catalisadas podem ser utilizados em um sistema de tratamento de emissões a jusante de um motor de injeção direta a gasolina para o tratamento de uma corrente de exaustão que compreende os hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e partículas.

**“SISTEMA DE TRATAMENTO DE EMISSÕES, FILTRO DE PARTÍCULAS  
CATALISADAS, MÉTODOS PARA O TRATAMENTO DE UM GÁS DE  
EXAUSTÃO E PARA A FABRICAÇÃO DE UM FILTRO DE PARTÍCULAS  
CATALISADAS”**

**CAMPO DA INVENÇÃO**

[001]A presente invenção, em geral, se refere aos sistemas de tratamento de emissões que possuem os catalisadores utilizados para o tratamento de correntes de gases de motores a gasolina contendo os hidrocarbonetos, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio em conjunto com as partículas. Mais especificamente, a presente invenção se refere a um conversor de quatro vias (FWC), que compreende um catalisador de conversão de três vias (TWC) e um filtro de partículas.

**ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

[002]As emissões de partículas para os motores a gasolina estão sujeitas às regulamentações, incluindo os padrões Euro 6 (2014). Determinados motores de injeção direta a gasolina (GDI) foram desenvolvidos, cujos regimes operacionais resultam na formação de partículas finas. Os sistemas de pós-tratamento para os motores a gasolina precisam alcançar os padrões de material em partículas. Em contraste com as partículas geradas através dos motores a diesel de queima pobre, as partículas geradas através dos motores a gasolina, tais como os motores de GDI, tendem a ser mais finos e em quantidades inferiores. Isto é devido às diferentes condições de combustão de um motor a diesel, em comparação com um motor a gasolina. Por exemplo, os motores a gasolina funcionam a uma temperatura mais elevada que os motores a diesel. Além disso, os componentes de hidrocarbonetos são diferentes nas emissões de motores a gasolina em comparação com os motores a diesel.

[003]As emissões de hidrocarbonetos não queimados, monóxido de carbono e contaminantes de óxido de nitrogênio continuam a ser regulados.

Os conversores catalíticos que contêm um catalisador de conversão de três vias (TWC) consequentemente estão localizados na linha de gás de exaustão dos motores de combustão interna. Tais catalisadores promovem a oxidação através do oxigênio na corrente de gases de exaustão de hidrocarbonetos não queimados e monóxido de carbono, bem como a redução de óxidos de nitrogênio em nitrogênio.

[004]Uma armadilha de partícula catalisada que compreende um catalisador TWC revestido ou dentro de uma armadilha de partículas é fornecida na patente US 8.173.087 (Wei). O catalisador TWC pode ser revestido em um lado da entrada, um lado da saída ou ambos os lados do filtro. A patente US 8.173.087 identifica que algumas das partículas de um motor a gasolina de GDI podem evitar ser aprisionadas através do filtro fluindo pelas paredes do filtro quando o filtro está fresco e isto para lidar com o problema inicial de eficiência de filtração, uma fina camada de revestimento de lavagem catalítico pode ser revestida na parede do filtro. Um sistema de tratamento de emissões de motores a gasolina que possui os filtros em partículas também é fornecido na patente US 8.815.189 (Arnold). Os catalisadores de conversão de três vias (TWC) ou os catalisadores de oxidação da patente US 8.815.189 são revestidos em ou dentro de um filtro de partículas, que possui uma porosidade revestida que substancialmente é a mesma que a sua porosidade não revestida.

[005]As tecnologias de emissão são limitadas através das restrições de contrapressão e volume dos sistemas de exaustão. Isto é, dentro de contrapressões e volumes definidos, quaisquer novas tecnologias devem apresentar impacto mínimo ou nenhum impacto sobre ambas.

[006]Existe uma necessidade contínua de fornecer um filtro de partículas catalisadas que forneça o TWC suficiente em conjunto com um filtro eficiente sem indevidamente aumentar a contrapressão, de maneira que as conversões de HC, NOx e CO reguladas possam ser alcançadas enquanto

atendem às emissões de material em partículas.

#### **Descrição Resumida da Invenção**

[007]São fornecidos os sistemas de exaustão e componentes adequados para a utilização em conjunto com os motores a gasolina para a captura de partículas, além do tratamento de emissões gasosas, tais como os hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e monóxidos de carbono. É de interesse fornecer um filtro de partículas para os motores a gasolina (GPFs ou PFGs) que forneça uma funcionalidade de conversão de três vias completa (TWC) com impacto mínimo na contrapressão.

[008]Em um primeiro aspecto, é fornecido um sistema de tratamento de emissões a jusante de um motor de injeção direta a gasolina para o tratamento de uma corrente de exaustão que compreende os hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e partículas, o sistema de tratamento de emissões que compreende um filtro de partículas catalisadas compreende:

- um material catalítico de conversão de três vias (TWC) que permeia as paredes de um filtro de partículas;
- em que o filtro de partículas catalisadas possui uma porosidade revestida que é inferior a uma porosidade não revestida do filtro de partículas.

[009]Em uma ou mais realizações, não existe nenhuma camada do material catalítico na superfície das paredes do filtro de partículas, opcionalmente exceto em áreas de revestimento de lavagem de sobreposição. A porosidade revestida pode ser linearmente proporcional a uma carga de revestimento de lavagem do material catalítico de TWC. A porosidade revestida pode estar entre 75 e 98% da porosidade não revestida. A porosidade revestida pode estar entre 80 e 95% da porosidade não revestida. A porosidade revestida pode estar entre 80 e inferior a 93% da porosidade não revestida. Uma contrapressão revestida do filtro de partículas catalisadas, em geral, não prejudica o desempenho do motor.

[010]Para uma carga de revestimento de lavagem de até cerca de 60 g/L, o filtro de partículas catalisadas pode possuir uma contrapressão revestida inferior ou igual a um aumento de 15% ± 3% em comparação com uma contrapressão não revestida.

[011]Em uma realização detalhada, o filtro de partículas compreende de 200 a 300 células por polegada quadrada (CPSI) (31 a 47 células por centímetro quadrado) e uma espessura de parede no intervalo a partir de 6 a 14 mil, o filtro de partículas catalisadas possui uma contrapressão revestida que é inferior ou igual a um aumento de 50% em comparação com uma contrapressão não revestida.

[012]O filtro de partículas pode compreender um diâmetro de poro médio no intervalo a partir de cerca de 13 a cerca de 25. O filtro de partículas pode compreender uma espessura de parede no intervalo a partir de cerca de 6 mils (152 µm) a cerca de 14 mils (356 µm) e uma porosidade não revestida no intervalo a partir de 55 a 70%.

[013]O material catalítico de TWC pode ser formado a partir de uma única composição de revestimento de lavagem que permeia um lado da entrada, um lado da saída ou ambos os lados do filtro de partículas.

[014]Uma primeira camada de revestimento de lavagem pode estar presente no lado da entrada ao longo de até cerca de 0 a 100% do comprimento axial do filtro de partículas a partir da extremidade a montante e uma segunda camada de revestimento de lavagem pode estar presente no lado da saída até cerca de 0 a 100% do comprimento axial do filtro de partículas a partir da extremidade a jusante, em que, pelo menos, uma das primeiras e únicas camadas de revestimento de lavagem está presente em uma quantidade superior a 0%.

[015]Uma primeira camada de revestimento de lavagem pode estar presente no lado da entrada ao longo de até cerca de 50 a 100% do comprimento

axial do filtro de partículas a partir da extremidade a montante e uma segunda camada de revestimento de lavagem pode estar presente no lado da saída até cerca de 50 a 100% do comprimento axial do filtro de partículas da extremidade a jusante. A primeira camada de revestimento de lavagem pode estar presente no lado da entrada até cerca de 50 a 55% do comprimento axial do filtro de partículas a partir da extremidade a montante e a segunda camada de revestimento de lavagem está presente no lado da saída até cerca de 50 a 55% do comprimento axial do filtro de partículas da extremidade a jusante.

[016]Uma única camada de revestimento de lavagem pode estar presente no lado da entrada ao longo de até cerca de 100% do comprimento axial do filtro de partículas a partir da extremidade a montante e não existe uma camada de revestimento de lavagem no lado da saída.

[017]Uma única camada de revestimento de lavagem pode estar presente no lado da saída ao longo de até cerca de 100% do comprimento axial do filtro de partículas a partir da extremidade a jusante e não existe uma camada de revestimento de lavagem no lado da entrada.

[018]O material catalítico de TWC pode estar presente em uma quantidade no intervalo a partir de cerca de 1 a cerca de 5 g/in<sup>3</sup> (cerca de 60 a cerca de 300 g/L).

[019]A porosidade não revestida pode estar no intervalo a partir de 55 a 70%.

[020]O material catalítico de TWC pode compreender o ródio, paládio, céria ou um compósito de céria e alumina. O filtro de partículas compreende a cordierita, alumina, carboneto de silicone, titanato de alumínio ou mulita.

[021]Outro aspecto fornece um filtro de partículas catalisadas localizado em um sistema de tratamento de emissões a jusante de um motor de injeção direta a gasolina para o tratamento de uma corrente de exaustão que

compreende os hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e partículas, que compreende:

- um filtro de partículas que compreende uma espessura de parede no intervalo a partir de cerca de 6 mils (152 µm) até cerca de 14 mils (356 µm) e uma porosidade no intervalo a partir de 55 a 70%; e
- um material catalítico de conversão de três vias (TWC) em uma quantidade no intervalo a partir de cerca de 1,0 a cerca de 4 g/in<sup>3</sup> (120 a 244 g/L);
- em que o material catalítico de TWC permeia as paredes do filtro de partículas. Em uma ou mais realizações, não existe nenhuma camada do material catalítico na superfície das paredes do filtro de partículas, opcionalmente exceto em áreas de revestimento de lavagem de sobreposição. Em uma ou mais realizações, não existe nenhum material catalítico fora dos poros das paredes do filtro de partículas.

[022]Outro aspecto é um método para o tratamento de um gás de exaustão que compreende os hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e partículas, o método que compreende: a obtenção do filtro de partículas catalisadas, de acordo com qualquer realização descrita no presente e a localização do filtro de partículas catalisadas a jusante de um motor de injeção a gasolina; em que, após a operação do motor, o gás de exaustão do motor de injeção direta a gasolina entra em contato com o filtro de partículas catalisadas.

[023]Um outro aspecto é um método de fabricação de um filtro de partículas catalisadas, o método que compreende: a obtenção de um do filtro de partículas; a formação de uma suspensão de um material catalítico de conversão de três vias (TWC) que possui um pH no intervalo a partir de 2 a 7; e a permeação do material catalítico de TWC para a parede do filtro de partículas para formar o filtro de partículas catalisadas, de tal maneira que o filtro de partículas

catalisadas possua uma porosidade revestida que seja inferior a uma porosidade não revestida do filtro de partículas. A suspensão pode possuir uma viscosidade dinâmica no intervalo a partir de cerca de 5 a inferior a 40 mPa.s a 20 °C e teor de sólidos de 0 a 25% em peso de sólidos. O pH pode estar no intervalo a partir de 3 a 5. Em uma ou mais realizações, não existe nenhuma camada do material catalítico na superfície das paredes do filtro de partículas, opcionalmente exceto em áreas de revestimento de lavagem de sobreposição. Em uma realização detalhada, não existem poros externos do material catalítico das paredes do filtro de partículas. A porosidade revestida pode ser linearmente proporcional a uma carga de revestimento de lavagem do material catalítico de TWC. A porosidade revestida pode estar entre 75 e 98% da porosidade não revestida, ou até mesmo entre 80 e 95% da porosidade não revestida, ou até mesmo entre 80 e inferior a 93%. Uma contrapressão revestida do filtro de partículas catalisadas, em geral, que não prejudica o desempenho do motor. Para uma carga de revestimento de lavagem de 60 g/L, o filtro de partículas catalisadas pode possuir uma contrapressão revestida inferior ou igual a um aumento de 15%  $\pm$  3% em comparação com uma contrapressão não revestida. Em uma realização detalhada, o filtro de partículas pode compreender de 200 a 300 células por polegada quadrada (CPSI) (31 a 47 células por centímetro quadrado) e uma espessura de parede no intervalo a partir de 6 a 14 mil, o filtro de partículas catalisadas que possui uma contrapressão revestida é inferior ou igual a um aumento de 50% em comparação com uma contrapressão não revestida.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS**

[024]A presente invenção pode ser mais completamente entendida considerando a seguinte Descrição Detalhada da Invenção de diversas realizações da presente invenção em conexão com as Figuras anexas, em que:

[025]A Figura 1 é uma vista esquemática que mostra um sistema de tratamento de emissões do motor, de acordo com uma realização detalhada;

[026]A Figura 2 é uma vista em perspectiva de um substrato de filtro de fluxo de parede;

[027]A Figura 3 é uma vista em corte de uma seção de um substrato de filtro de fluxo de parede;

[028]As Figuras de 4 a 6 fornecem as vistas esquemáticas dos projetos de revestimento de FWC;

[029]As Figuras de 7A a 7C mostram as micrografias SEM de partes de entrada, meio e saída do filtro de partículas catalisadas do Exemplo Comparativo 1;

[030]As Figuras de 8A a 8C mostram as micrografias SEM de partes de entrada, meio e saída do filtro de partículas catalisadas do Exemplo Comparativo 2;

[031]As Figuras de 9A a 9C mostram as micrografias SEM das partes de entrada, meio e saída do filtro de partículas catalisadas do Exemplo 3;

[032]A Figura 10 é um resumo gráfico do volume de poro restante (%) *versus* a carga de revestimento de lavagem (g/L);

[033]A Figura 11 é um gráfico da contrapressão (mbar) *versus* o fluxo de volume (m<sup>3</sup>/h) para os Exemplos Comparativos 1 e 2 *versus* um substrato bruto;

[034]A Figura 12 é um gráfico da contrapressão (mbar) *versus* o fluxo de volume (m<sup>3</sup>/h) para o Exemplo 3 *versus* um substrato bruto;

[035]A Figura 13 é um gráfico da contrapressão (mbar) *versus* o fluxo de volume (m<sup>3</sup>/h) para um filtro revestido que possui 60 g/L produzido de acordo com a técnica tradicional *versus* um substrato bruto;

[036]A Figura 14 é um gráfico da contrapressão (mbar) *versus* o fluxo de volume (m<sup>3</sup>/h) para um filtro revestido que possui 60 g/L produzido de acordo com a técnica aprimorada / presente invenção *versus* um substrato bruto;

e

[037]As Figuras de 15 a 16 mostram os dados de desempenho NEDC para o Exemplo Comparativo 1 e o Exemplo 3.

#### **DESCRÍÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO**

[038]São fornecidos filtros para os motores de injeção direta a gasolina (GDI) projetados para alcançar eficiência elevada de filtração de partículas e conversão de emissões gasosas que possuem a menor contrapressão possível. Uma carga de revestimento de lavagem TWC típica em um substrato de fluxo contínuo está no intervalo a partir de cerca de 2 e 5 g/in<sup>3</sup> (cerca de 120 e cerca de 300 g/L), embora as cargas de cerca de 1 g/in<sup>3</sup> (cerca de 60 g/L) possam ser utilizadas em algumas aplicações. Um revestimento de lavagem TWC típico pode compreender cerca de 45% em peso de componentes de armazenamento de oxigênio (OSC). As cargas de revestimento de lavagem no intervalo a partir de 2 e 5 g/in<sup>3</sup> (cerca de 120 e cerca de 300 g/L) normalmente são aplicadas em duas ou três etapas de revestimento em substratos de fluxo contínuo. Para ser aplicado com sucesso em aplicações a gasolina, um filtro de partículas efetivo, que pode ser denominado de catalisador de conversão de quatro vias (FWC), deve: possuir uma quantidade similar de revestimentos de lavagem TWC para resistir às tensões de temperatura elevada durante a operação inclui os materiais OSC para garantir as conversões de emissões gasosas durante as fases ricas e pobres: limitar o aumento de contrapressão,, por conseguinte, minimizando as perdas de potência do motor e deve ser aplicado na menor quantidade de etapas de revestimento.

[039]Está descrito no presente um processo de revestimento que leva a uma redução do número de etapas de revestimento para a fabricação de catalisadores FWC, possibilitando uma redução da contrapressão na carga constante do revestimento de lavagem. Os FWCs com redução adicional da contrapressão são obtidos através da otimização da viscosidade da suspensão. De fato, os substratos de fluxo de parede cerâmicos utilizados para a preparação

de catalisadores FWC, em geral, são sistemas de poro elevado (por exemplo, de 55 a 70% de porosidade), o que fortemente afeta a sua capacidade de revestimento e interação com a suspensão. Em especial, utilizando uma suspensão pouco viscosa, por exemplo, uma viscosidade dinâmica no intervalo a partir de cerca de 5 a inferior a 40 mPa.s a 20, é possível alcançar uma distribuição de revestimento de lavagem homogênea ao longo do comprimento do filtro enquanto uma suspensão de viscosidade mais elevada, por exemplo, de 40 mPa.s a 20 °C ou superior, tende a levar à acumulação de revestimento de lavagem na superfície do substrato. Uma suspensão de viscosidade baixa é obtida através da minimização da força iônica da suspensão com uma seleção oportuna de precursores de metais preciosos e promotores para ajuste de pH da suspensão antes do revestimento. Além da redução da contrapressão, a suspensão de viscosidade baixa possibilita maior grau de liberdade para o revestimento dos catalisadores FWC. Devido à maior homogeneidade do revestimento de lavagem no substrato do filtro, os catalisadores FWC que suportam diversos perfis de revestimento de lavagem diferentes podem ser obtidos, fornecendo a oportunidade de otimizar ainda mais o desempenho de emissões gasosas de tais catalisadores.

[040]Os projetos de filtro de fluxo de parede impactam a contrapressão em um sistema de exaustão. Os filtros de fluxo de parede normalmente são caracterizados pelo diâmetro médio dos poros, distribuição do tamanho dos poros, porosidade, células por polegada quadrada (cpsi) e espessura da parede. À medida que a espessura da parede reduz, a contrapressão reduz, mas a resistência mecânica é diminuída. A patente US 2009/0.049.815 descreve um filtro de fluxo de parede cerâmico poroso de paredes finas para a filtração de exaustão a diesel.

[041]Historicamente, no contexto dos filtros em partículas a diesel, se acreditava que os poros relativamente pequenos e/ou a porosidade menor

iriam capturar o material em partículas. Para o FWC, no entanto, apesar da natureza das partículas serem mais finas do que aquelas dos motores a diesel, os filtros para os particulados a diesel são inadequados uma vez que esses filtros, em geral, não podem acomodar carga de catalisador suficiente para atender aos requisitos de conversão de HC, NOx e CO.

[042] Os filtros em partículas catalisadas da presente invenção descritos no presente fornecem excelentes características de contrapressão, porosividade e homogeneidade. Isto é, até mesmo com uma quantidade elevada de revestimento de lavagem aplicado, o aumento da contrapressão permanece baixo, conforme demonstrado pelas medições de contrapressão. Além disso, a massa catalítica é bem distribuída na rede de poros e nenhuma camada é formada nas paredes do filtro, conforme demonstrado através das micrografias de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Além disso, os poros do substrato de filtro poroso serão preenchidos de maneira homogênea. A porosidade do catalisador revestido é reduzida linearmente (passo a passo) à medida que mais massa catalítica é aplicada, uma vez que nenhuma camada é formada nas paredes do filtro e toda a massa catalítica é aplicada na rede de poros, conforme demonstrado através da porosimetria de mercúrio.

[043] As seguintes definições são utilizadas no presente.

[044] Conforme utilizado no presente, o termo “permeado” quando utilizado para descrever a dispersão do catalisador TWC em paredes porosas de um filtro de partículas significa que a composição especial permeia, pelo menos, a maioria das regiões ocas dentro da espessura da parede, e é depositada nas superfícies internas ao longo da espessura das paredes. Desta maneira, o material se dispersa pelas paredes do filtro.

[045] A porosidade dos filtros em partículas é uma porcentagem do volume de poros do filtro em relação ao volume do filtro. Uma maneira de medir a porosidade é através da porosimetria de mercúrio. Um filtro pode ser

seccionado e a porosidade de cada seção é medida, e os resultados são calculados. Por exemplo, um filtro pode ser seccionado em uma peça dianteira / de entrada, uma peça intermediária e uma peça traseira / saída, a porosidade de cada peça pode ser tomada e os resultados podem ser calculados. Uma porosidade não revestida é a porosidade do filtro, que não possui nenhum material catalítico aplicado a ela. Uma porosidade revestida é a porosidade de um filtro catalisado, que é a combinação de material catalítico e um filtro. Os filtros em partículas catalisados da presente invenção possuem uma porosidade revestida que é menor do que uma porosidade não revestida do filtro de partículas, o que indica que o revestimento de lavagem reside nos poros do filtro e não na superfície das paredes. Os métodos utilizados no presente resultam em uma porosidade revestida que é linearmente proporcional a uma carga de revestimento de lavagem do material catalítico de TWC uma vez que o material reside nos poros e não nas paredes do filtro. A porosidade revestida pode estar entre 75 e 98%, ou 80 e 95%, ou até mesmo 80 e 93% da porosidade não revestida.

[046]A contrapressão dos filtros é uma medida da resistência do fluxo através do filtro, por exemplo, expressa em unidades de mbar. Uma contrapressão não revestida é a contrapressão do filtro, que não possui nenhum material catalítico aplicado a ele. Uma contrapressão revestida é a contrapressão de um filtro catalisado, que é a combinação de material catalítico e um filtro. Os filtros em partículas catalisados da presente invenção possuem uma contrapressão revestida que não prejudica o desempenho do motor. Uma queda de pressão que não prejudica significa que o motor, em geral, irá desempenhar o mesmo (por exemplo, consumo de combustível) em um amplo intervalo de modos operacionais do motor na presença de um substrato de filtro que esteja em um estado revestido ou não revestido.

[047]O termo “FWC” se refere à conversão de quatro vias em que,

além da funcionalidade de conversão de três vias (TWC), que é definida a seguir, existe uma função de filtragem.

[048]O termo “TWC” se refere à função de conversão de três vias em que os hidrocarbonetos, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio são substancialmente convertidos de maneira simultânea. Um motor a gasolina normalmente opera sob condições de reação quase estequiométricas que oscilam ou são levemente perturbadas entre as proporções de combustível e ar pobre para o combustível (proporção A/ F) ( $\lambda = 1 \pm 0,01$ ), em frequências de perturbação de 0,5 a 2 Hz. A utilização de “estequiométrico” se refere no presente às condições de um motor a gasolina, representando as oscilações ou perturbações das proporções A/F próximas da estequiometria. Os catalisadores TWC incluem os componentes de armazenamento de oxigênio (OSCs), tal como a céria, que possui estados multivolúveis que possibilitam que o oxigênio seja mantido e liberado sob diferentes proporções de ar para o combustível. Em condições ricas quando o Nox está sendo reduzido, o OSC fornece uma pequena quantidade de oxigênio para consumir o CO e HC não reagidos. Da mesma maneira, sob condições de intensidade baixa, quando o CO e HC estão sendo oxidados, o OSC reage com o excesso de oxigênio e/ou Nox. Como resultado, até mesmo na presença de uma atmosfera que oscila entre as proporções de combustível rico em combustível e de ar pobre em combustível, existe a conversão de HC, CO e Nox todos ao mesmo tempo (ou essencialmente ao mesmo tempo). Normalmente, um catalisador de TWC compreende um ou mais metais do grupo da platina (PGM) tais como o paládio e/ou ródio e opcionalmente a platina; um componente de armazenamento de oxigênio; e opcionalmente os promotores e/ou estabilizadores. Sob condições ricas, os catalisadores TWC podem gerar a amônia. Um catalisador de TWC exemplificativo compreende a gama alumina em uma quantidade no intervalo a partir de 20 a 60%; um compósito de céria-zircônia em uma quantidade no intervalo de 20 a 50%; um

ou mais promotores e/ou estabilizadores de lantânio, bária, zircônia e estrôncio em uma quantidade de até 10%; e um ou mais PGMs, cujas quantidades são específicas da aplicação, em uma quantidade, por exemplo, de 2 g/ft<sup>3</sup> a 50 g/ft<sup>3</sup>.

[049]A referência à “funcionalidade TWC completa” significa que a oxidação de HC e CO e a redução de Nox podem ser alcançadas de acordo com os requisitos das agências reguladoras e/ou fabricantes de automóveis. Desta maneira, os componentes de metal do grupo da platina, tais como a platina, paládio e ródio, são fornecidos para obter as conversões de HC, CO e Nox e componentes de armazenamento de oxigênio suficientes (OSC) são fornecidos para alcançar capacidade suficiente de armazenamento de oxigênio para assegurar a conversão adequada de HC, Nox e CO em um ambiente de proporções variáveis de A/F (ar para combustível). A capacidade suficiente de armazenamento de oxigênio, em geral, significa que, após um envelhecimento de vida útil completo, conforme definido por um fabricante de automóveis, o catalisador pode armazenar e liberar uma quantidade mínima de oxigênio. Em um exemplo, uma capacidade útil de armazenamento de oxigênio pode ser de 100 mg por litro de oxigênio. Por outro exemplo, uma capacidade suficiente de armazenamento de oxigênio pode ser de 200 mg por litro de oxigênio após 80 horas de envelhecimento exotérmico a 1.050 °C. A capacidade suficiente de armazenamento de oxigênio é necessária para garantir que os sistemas de diagnóstico on-board (OBD) detecte um catalisador funcional. Na ausência de capacidade suficiente de armazenamento de oxigênio, o OBD irá acionar um alarme de um catalisador que não funciona. A capacidade elevada de armazenamento de oxigênio é superior à quantidade suficiente, o que amplia a janela de operação do catalisador e possibilita mais flexibilidade no gerenciamento do motor para um fabricante de automóveis.

[050]A referência ao componente de armazenamento de oxigênio (OSC) se refere a uma entidade que possui estado de multivalência e pode reagir

ativamente com os oxidantes tal como o oxigênio ou óxidos de nitrogênio sob condições oxidativas, ou reage com os redutores tal como o monóxido de carbono (CO) ou hidrogênio sob condições de redução. Os exemplos de componentes de armazenamento de oxigênio adequados incluem a céria. A praseodímio também pode ser incluída como um OSC. A entrega de um OSC à camada de revestimento de lavagem pode ser alcançada através da utilização, por exemplo, de óxidos mistos. Por exemplo, a céria pode ser administrada por um óxido misto de cério e zircônio e/ou um óxido misto de cério, zircônio e neodímio. Por exemplo, a praseodímio pode ser administrada por um óxido misto de praseodímio e zircônio e/ou um óxido misto de praseodímio, cério, lantânia, ítrio, zircônio e neodímio.

[051]Os catalisadores de TWC que exibem boa atividade e longa vida compreendem um ou mais metais do grupo da platina (por exemplo, a platina, paládio, ródio, rénio e irídio) dispostos em uma área de superfície elevada, suporte de óxido de metal refratário, por exemplo, um revestimento de alumina de área de superfície elevada. O suporte é transportado em um veículo ou substrato adequado, tal como um veículo monolítico que compreende uma estrutura refratária de cerâmica ou de metal em favo de mel, ou partículas refratárias, tais como as esferas ou segmentos curtos, extrudidos, de um material refratário adequado. Os suportes de óxido de metal refratário podem ser estabilizados contra a degradação térmica por materiais tais como a zircônia, titânia, óxidos de metais alcalino terrosos tais como a bário, cálcio ou estrôncio ou, mais comumente, os óxidos de metal de terras raras, por exemplo, a céria, lantânia e misturas de dois ou óxidos de metais mais raros. Por exemplo, vide a Patente 4.171.288 (Keith). Os catalisadores TWC também podem ser formulados para incluir um componente de armazenamento de oxigênio.

[052]A referência a um “suporte” em uma camada de revestimento de lavagem de catalisador se refere a um material que recebe os metais

preciosos, estabilizadores, promotores, aglutinantes e similares por meio de associação, dispersão, impregnação ou outros métodos adequados. Os exemplos de suportes incluem, mas não estão limitados aos óxidos de metal refratários de área de superfície elevada e compósitos contendo os componentes de armazenamento de oxigênio. Os suportes de óxido de metal refratário de superfície elevada se referem às partículas de suporte que possuem poros maiores que 20 Å e uma ampla distribuição de poros. Os suportes de óxido de metal refratário de área de superfície elevada, por exemplo, os materiais de suporte de alumina, também denominados de “gama alumina” ou “alumina ativada”, normalmente exibem uma área de superfície BET superior a 60 metros quadrados por grama ( $m^2/g$ ), muitas vezes até cerca de 200  $m^2/g$  ou superior. Tal alumina ativada normalmente é uma mistura das fases gama e delta da alumina, mas também pode conter quantidades substanciais das fases eta, kapa e teta da alumina. Os óxidos de metal refratários diferentes da alumina ativada podem ser utilizados como suporte para, pelo menos, alguns dos componentes catalíticos em um determinado catalisador. Por exemplo, a céria volumosa, zircônia, alfa-alumina e outros materiais são conhecidos para tal utilização. Embora muitos destes materiais sofram da desvantagem de possuírem uma área de superfície BET consideravelmente mais baixa do que a alumina ativada, essa desvantagem tende a ser compensada por uma maior durabilidade do catalisador resultante. O termo “área de superfície BET” possui seu significado usual de referência ao método de Brunauer, Emmett, Teller para determinar a área de superfície por adsorção de  $N_2$ .

[053]Uma ou mais realizações incluem um suporte de óxido de metal refratário de área de superfície elevada que compreende um composto ativado selecionado a partir do grupo que consiste em alumina, alumina-zircônia, alumina-céria-zircônia, lantâncio-alumina, lantâncio-zircônia-alumina, bária-alumina, bária lantâncio-alumina, bária lantâncio-neodmia alumina e alumina-céria.

Os exemplos de compósitos contendo os componentes de armazenamento de oxigênio incluem, mas não estão limitados ao céria-zircônia e céria-zircônia-lantânio. A referência a um “compósito de céria-zircônia” significa um compósito que compreende o cério e a zircônia, sem especificar a quantidade de qualquer um dos componentes. Os compósitos adequados de céria-zircônia incluem, mas não se limitam aos compósitos com, por exemplo, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90% ou até mesmo 95% de teor de céria. Determinadas realizações fornecem que o suporte compreende a céria a granel que possui um teor de céria nominal de 100% (isto é, > 99% de pureza).

[054]Antes de descrever diversas realizações exemplares da presente invenção, deve ser entendido que a presente invenção não está limitada aos detalhes da construção ou etapas do processo estabelecidas na seguinte descrição. A presente invenção é capaz de outras realizações e de ser praticada ou realizada de diversas maneiras.

[055]Voltando para a Figura 1A, um sistema de tratamento de emissões (2) compreende um motor a gasolina (5) que transporta a exaustão através da linha (7) para um catalisador FWC (12), que está em uma posição de acoplamento fechado (CC). A linha (15) do catalisador FWC pode conduzir a outros componentes de tratamento e/ou ao tubo de escape e fora do sistema. O catalisador FWC (12) contém uma carga de catalisador TWC para fornecer a funcionalidade total de TWC, por conseguinte, atendendo aos requisitos de emissão. O FWC na Figura 1A pode conter cargas elevadas de revestimento de lavagem, em que a carga geral do revestimento de lavagem é  $\geq 1,5 \text{ g/in}^3$ , por exemplo: de 1,5 a 3 g/in<sup>3</sup>, ou até mesmo 2,5 g/in<sup>3</sup>. Conforme mostrado na Figura 1B, o sistema de tratamento de emissões da Figura 1A, opcionalmente, ainda pode incluir um catalisador TWC entre o motor e o catalisador FWC (em uma primeira posição CC, CC1), caso em que a carga de catalisador TWC é projetada

para funcionar em conjunto com o catalisador FWC (em um segunda posição CC, CC2) para fornecer coletivamente a funcionalidade TWC completa, por conseguinte, atendendo aos requisitos de emissão. Mais uma vez, o FWC na Figura 1B pode conter cargas elevadas de revestimento de lavagem, em que a carga geral do revestimento de lavagem é  $\geq 1,5 \text{ g/pol}^3$ , por exemplo:

- de 1,5 a 3 g/in<sup>3</sup>, ou até mesmo 2,5 g/in<sup>3</sup>.

[056] Voltando para a Figura 1C, um sistema de tratamento de emissões (3) compreende um motor a gasolina (5) que transporta a exaustão através da linha (7) para um primeiro catalisador TWC (9), que está em uma posição de acoplamento fechado (CC). Um filtro de partículas revestido de TWC a jusante (13), que recebe a corrente de exaustão através da linha (11), está em uma posição de base (UF). A linha (15) pode conduzir a outros componentes de tratamento e/ou ao tubo de escape e fora do sistema. O filtro de partículas revestido TWC (FWC) (13) contém uma carga catalítica TWC projetada para funcionar em conjunto com o catalisador CC TWC, a fim de fornecer coletivamente a funcionalidade TWC completa, por conseguinte, atendendo aos requisitos de emissão. O FWC na Figura 1C pode conter uma carga baixa de revestimento de lavagem, em que a carga geral do revestimento de lavagem é  $<1,5 \text{ g/pol}^3$ , por exemplo: de 0,25 a  $<1,5 \text{ g/pol}^3$ , ou até mesmo de 0,5 a 1,0 g/pol<sup>3</sup>.

### **FILTRO DE PARTÍCULAS**

[057] Referência ao filtro de partículas significa um substrato dimensionado e configurado dessa maneira para aprisionar as partículas geradas pelas reações de combustão no motor de injeção direta a gasolina. O aprisionamento de partículas pode ocorrer, por exemplo, através da utilização de um filtro de partículas (ou fuligem), através da utilização de um substrato de fluxo que possui um caminho tortuoso interno, de tal maneira que uma mudança na direção do fluxo das partículas faz com que elas caiam fora da corrente de exaustão, através da utilização de um substrato de metal, tal como um veículo

de metal corrugado, ou através de outros métodos conhecidos dos técnicos no assunto. Outros dispositivos de filtragem podem ser adequados, tal como um tubo com uma superfície rugosa que pode derrubar partículas da corrente de exaustão. Um tubo com uma curvatura também pode ser adequado.

[058]Com referência aos filtros, a Figura 2 representa uma vista em perspectiva de um substrato de filtro de fluxo de parede exemplificativo adequado para um filtro de partículas. Os substratos de fluxo de parede úteis para suportar as composições de catalisador TWC ou de oxidação possuem uma pluralidade de passagens de fluxo de gás finas e substancialmente paralelas que se estendem ao longo do eixo longitudinal (ou comprimento axial) do substrato. Normalmente, cada passagem é bloqueada em uma extremidade do corpo do substrato, com passagens alternadas bloqueadas nas faces terminais opostas. Tais veículos monolíticos podem conter até cerca de 300 passagens de fluxo (ou “células”) por polegada quadrada de seção transversal (até cerca de 47 células por centímetro quadrado de seção transversal), embora muito menos possa ser utilizado. Por exemplo, o veículo pode possuir de cerca de 7 a 300, mais usualmente de cerca de 200 a 300 células por polegada quadrada (“cpsi”) (de cerca de 1 a 47 células por centímetro quadrado, mais usualmente de cerca de 31 a 47 células por centímetro quadrado). As células podem possuir seções transversais retangulares, quadradas, circulares, ovais, triangulares, hexagonais ou de outros formatos poligonais. Os substratos de fluxo de parede para o FWC normalmente possuem uma espessura de parede entre 0,004 e 0,012 polegadas (4 a 12 mils ou 102 a 306  $\mu\text{m}$ ). O zoneamento axial pode ser desejado de tal maneira que um revestimento é fornecido ao longo de um comprimento axial do filtro. No lado da entrada, conforme medido a partir da extremidade a montante (54), um revestimento pode se estender até 50% do comprimento axial (por exemplo, de 1 a 49,9%, ou 10 a 45%), 50 a 75% do comprimento axial, ou até 100% do comprimento axial. No lado da saída, medido a partir da extremidade a

jusante (56), um revestimento pode se estender até 50% do comprimento axial (por exemplo, de 1 a 49,9% ou 10 a 45%), 50 a 75% do comprimento axial, ou até 100% do comprimento axial.

[059]As Figuras de 2 e 3 ilustram um substrato de filtro de fluxo de parede (50) que possui uma pluralidade de passagens (52). As passagens são tubularmente fechadas pelas paredes internas (53) do substrato de filtro. O substrato possui uma extremidade de entrada ou a montante (54) e uma saída ou extremidade a jusante (56). As passagens alternativas estão ligadas na extremidade de entrada com tomadas de entrada (58) e na extremidade de saída com tomadas de saída (60) para formar os padrões de tabuleiro de damas opostos na entrada (54) e saída (56). Uma corrente de gás (62) entra na extremidade a montante (54) através da entrada de canal desconectada (64), é parada pela tomada de saída (60) e difunde através das paredes de canal (53) (que são porosas) para o lado da saída (66). Um revestimento no lado da entrada do filtro significa que o revestimento reside sobre ou dentro das paredes (53), de tal maneira que a corrente de gás (62) entra em contato com o revestimento de saída após o revestimento de entrada. Um revestimento no lado da saída do filtro significa que o revestimento reside sobre ou dentro das paredes (53) de tal maneira que a corrente de gás (62) entra em contato com o revestimento de saída após o revestimento de entrada. O gás não pode passar de volta para o lado da entrada das paredes devido às tomadas de entrada (58).

[060]Na Figura 4, é fornecido um primeiro revestimento de lavagem (102) com 50 a 55% do comprimento do lado da entrada e é fornecido um segundo revestimento de lavagem (104) com 50 a 55% do comprimento do lado da saída. A realização da Figura 4 pode ser adequado para cargas elevadas de revestimento de lavagem, em que a carga total do revestimento de lavagem é  $\geq 1,5 \text{ g/in}^3$ , por exemplo: de 1,5 a 3  $\text{g/in}^3$ , ou até mesmo 2,5  $\text{g/in}^3$ . Na Figura 5, um único revestimento de lavagem (102) é fornecido até 100% do comprimento do

lado da entrada, que inclui > 0% a 100% e todos os valores intermediários, e não existe um revestimento de lavagem fornecido no lado da saída. A realização da Figura 5 pode ser adequada para as cargas baixas de revestimento de lavagem, em que a carga geral do revestimento de lavagem é < 1,5 g/pol<sup>3</sup>, por exemplo:

- de 0,25 a <1,5 g/in<sup>3</sup>, ou até mesmo de 0,5 a 1,0 g/in<sup>3</sup>. Na Figura 6, um único revestimento de lavagem (104) é fornecido até 100% do comprimento do lado da saída, o qual inclui > 0% a 100% e todos os valores intermediários, e não existe um revestimento de lavagem fornecido no lado da entrada. A realização da Figura 6 também pode ser adequado para cargas baixas de revestimento de lavagem, em que a carga total do revestimento de lavagem é < 1,5 g/pol<sup>3</sup>, por exemplo: de 0,25 a <1,5 g/pol<sup>3</sup>, ou até mesmo de 0,5 a 1,0 g/pol<sup>3</sup>. Nas Figuras de 4 a 6, os revestimentos de lavagem permeiam as paredes.

[061]Os substratos do filtro de fluxo de parede podem ser compostos por materiais similares à cerâmica, tais como a cordierita, alumina, carboneto de silicone, titanato de alumínio, mulita ou metal refratário. Os substratos de fluxo de parede também podem ser formados por materiais compósitos de fibra cerâmica. Os substratos de fluxo de parede específicos são formados a partir de cordierita, carboneto de silicone e titanato de alumínio. Tais materiais são capazes de resistir ao ambiente, especialmente em temperaturas elevadas, encontradas no tratamento das correntes de exaustão.

[062]Os substratos de fluxo de parede para a utilização no sistema da presente invenção podem incluir os favos de mel de paredes porosas finas (monólitos) através dos quais a corrente de fluido passa sem provocar um aumento muito grande na contrapressão ou pressão através do artigo. Os substratos de fluxo de parede cerâmicos utilizados no sistema podem ser formados por um material que possui uma porosidade (também referida como porosidade não revestida) de, pelo menos, 40% (por exemplo, de 40 a 70% ou

até mesmo de 55 a 70%). Os substratos de fluxo de parede úteis podem possuir um tamanho de poro médio de 10 ou mais micros, de preferência, de 13 a 25 micros. Quando os substratos com estas porosidades e estes tamanhos médios de poro são revestidos com as técnicas descritas abaixo, níveis adequados de composições de TWC podem ser carregados nos substratos para alcançar uma excelente eficiência de conversão de hidrocarbonetos, CO e/ou NOx. Estes substratos ainda são capazes de reter as características de fluxo de exaustão adequadas, isto é, as contrapressões aceitáveis, apesar da carga do catalisador.

[063]O filtro de fluxo de parede porosa utilizado na presente invenção é catalisado pelo fato de que a parede do elemento possui ou contém um ou mais materiais catalíticos. Os materiais catalíticos podem estar presentes no lado da entrada da parede do elemento isoladamente, do lado da saída isoladamente, ambos os lados de entrada e saída, ou a própria parede pode consistir em todo ou em parte, do material catalítico. A presente invenção inclui a utilização de um ou mais revestimentos de lavagem de material catalítico e combinações de um ou mais revestimentos de lavagem de material catalítico nas paredes de entrada e/ou saída do elemento.

[064]Com referência a um substrato de metal, um substrato útil pode ser composto por um ou mais metais ou ligas de metal. Os veículos de metal podem ser utilizados em diversos formatos, tais como a folha ondulada ou forma monolítica. Os suportes de metal específicos incluem os metais resistentes ao calor e as ligas de metal, tais como o titânio e o aço inoxidável, bem como outras ligas nas quais o ferro é um componente substancial ou principal. Tais ligas podem conter um ou mais de níquel, cromo e/ou alumínio, e a quantidade total destes metais, de maneira vantajosa, pode compreender pelo menos, 15% em peso da liga, por exemplo, de 10 a 25% em peso de cromo, de 3 a 8% em peso de alumínio e até 20% em peso de níquel. As ligas também podem conter quantidades pequenas ou vestigiais de um ou mais outros metais tais como o

manganês, cobre, vanádio, titânio e similares. A superfície dos veículos de metal pode ser oxidada a temperaturas elevadas, por exemplo, 1.000 °C e superiores, para aprimorar a resistência à corrosão das ligas formando uma camada de óxido nas superfícies dos veículos. Tal oxidação induzida por temperatura elevada pode aumentar a aderência de um material catalítico ao veículo.

#### **FILTROS DE FLUXO DE PAREDE DE REVESTIMENTO**

[065]Para revestir os filtros de fluxo de parede com o TWC ou composição de catalisador de oxidação utilizando uma técnica tradicional, uma mistura de ingredientes é preparada utilizando os sais de metal, que normalmente são uma mistura de sais orgânicos e inorgânicos, para formar uma suspensão de catalisador. Tais suspensões normalmente podem possuir uma viscosidade dinâmica de 14 a 400 mPa.s a 20 °C ou mais com um teor de sólidos no intervalo de 25% a 0% de sólidos. Os substratos são imersos verticalmente em uma porção da suspensão de catalisador, de tal maneira que a parte superior do substrato está localizada imediatamente acima da superfície da suspensão. Desta maneira, a suspensão entra em contato com a face de entrada de cada parede de favo de mel, mas é impedida de entrar em contato com a face de saída de cada parede. A amostra é deixada na suspensão durante cerca de 30 a 60 segundos. O filtro é removido da suspensão, e o excesso de suspensão é removido do filtro de fluxo da parede em primeiro lugar, permitindo que ele drene dos canais, em seguida, soprando com ar comprimido (contra a direção da penetração da suspensão). Utilizando esta técnica tradicional, a suspensão de catalisador permeia as paredes do filtro, mas os poros não são ocluídos na medida em que a contrapressão indevida se acumule no filtro acabado. Utilizando esta técnica tradicional, se espera que a porosidade revestida do filtro seja substancialmente a mesma que a sua porosidade não revestida. Os filtros revestidos são secados normalmente a cerca de 100 °C e calcinados a uma temperatura mais elevada (por exemplo, de 300 a 450 °C e até 590 °C). Após a

calcinação, a carga do catalisador pode ser determinada através do cálculo dos pesos revestidos e não revestidos do filtro. Conforme será evidente para os técnicos no assunto, a carga do catalisador pode ser modificada alterando o teor de sólidos da suspensão de revestimento. De maneira alternativa, imersões repetidas do filtro na suspensão de revestimento podem ser conduzidas, seguido pela remoção do excesso de suspensão, conforme descrito acima.

[066]Para revestir os filtros de fluxo de parede com o TWC ou composição de catalisador de oxidação utilizando as técnicas aprimoradas da presente invenção, uma mistura de ingredientes é preparada utilizando os sais de metal inorgânicos apenas para formar uma suspensão de catalisador que possua uma viscosidade baixa em relação à técnica tradicional. Essas suspensões normalmente podem possuir uma viscosidade dinâmica no intervalo de cerca de 5 a inferior a 40 mPa.s a 20 °C, ou até mesmo cerca de 5 a inferior a 30 mPa.s, com um teor de sólidos no intervalo de 25% a 0%. A viscosidade da suspensão é muito mais baixa que a técnica tradicional em, pelo menos, 50% ou superior, tal como de 75 a 90%. O número de etapas de processamento é reduzido em comparação com a técnica tradicional. Os substratos são imersos verticalmente em uma porção da suspensão de catalisador para o comprimento do substrato igual ao comprimento alvo do revestimento a ser aplicado. Desta maneira, a suspensão entra em contato com a face de entrada de cada parede de favo de mel e penetra completamente na parede durante o período de imersão. A amostra é deixada na suspensão durante cerca de 1 a 6 segundos. O filtro é removido da suspensão, e o excesso de suspensão é removido do filtro de fluxo da parede em primeiro lugar, permitindo que ele drene dos canais, em seguida, soprando com ar comprimido (contra a direção da penetração da suspensão). Utilizando esta técnica aprimorada, a suspensão de catalisador permeia as paredes do filtro, mas os poros não são ocluídos na medida em que a contrapressão indevida se acumule no filtro acabado. Utilizando esta técnica

aprimorada, se espera que a porosidade revestida do filtro seja inferior à sua porosidade não revestida, na medida em que o revestimento de lavagem reside nos poros do filtro e não na superfície das paredes. Além disso, em relação à técnica tradicional, a homogeneidade aprimorada da distribuição da suspensão ao longo do comprimento revestido é alcançada devido à penetração mais eficiente da suspensão de viscosidade baixa nas paredes. Finalmente, ao utilizar tal técnica e como resultado da penetração da suspensão aprimorada na parede e homogeneidade, é alcançado um menor aumento da contrapressão em relação ao filtro acabado em relação à técnica tradicional descrita acima. Os filtros revestidos são secados normalmente a cerca de 100 °C e calcinados a uma temperatura mais elevada (por exemplo, de 300 a 450 °C e até 590 °C). Após a calcinação, a carga do catalisador pode ser determinada através do cálculo dos pesos revestidos e não revestidos do filtro. Conforme será evidente para os técnicos no assunto, a carga do catalisador pode ser modificada alterando o teor de sólidos da suspensão de revestimento. De maneira alternativa, imersões repetidas do filtro na suspensão de revestimento podem ser conduzidas, seguidas pela remoção do excesso de suspensão, conforme descrito acima.

#### **PREPARAÇÃO DE REVESTIMENTOS DE LAVAGEM COMPÓSITOS CATALÍTICOS**

[067]Os compósitos catalíticos podem ser formados em uma única camada ou em múltiplas camadas. Em alguns casos, pode ser adequado preparar uma suspensão de material catalítico e utilizar esta suspensão para formar múltiplas camadas no veículo. Os compósitos facilmente podem ser preparados através de processos bem conhecidos no estado da técnica anterior. Um processo representativo é apresentado abaixo. Conforme utilizado no presente, o termo "revestimento de lavagem" possui o seu significado usual no estado da técnica de um revestimento fino, aderente de um catalisador ou outro material aplicado a um material veículo de substrato, tal como um membro de

veículo do tipo favo de mel, que é suficientemente poroso para possibilitar a passagem até através da corrente de gás a ser tratada. Uma "camada de revestimento de lavagem", por conseguinte, é definida como um revestimento que compreende as partículas de suporte. Uma "camada de revestimento de lavagem catalisado" é um revestimento que compreende as partículas de suporte impregnadas com os componentes catalíticos.

[068]O compósito catalisador facilmente pode ser preparado em camadas em um veículo. Para uma primeira camada de um revestimento de lavagem específico, as partículas finamente divididas de um óxido de metal refratário de área de superfície elevada, tal como a gama alumina, são suspensas em um veículo adequado, por exemplo, a água. Para incorporar os componentes tais como os metais preciosos (por exemplo, o paládio, ródio, platina e/ou suas combinações), estabilizadores e/ou promotores, tais componentes podem ser incorporados na suspensão como uma mistura de compostos ou complexos hidrossolúveis ou dispersáveis. Normalmente, quando o paládio é desejado, o componente de paládio é utilizado na forma de um composto ou complexo para alcançar a dispersão do componente no suporte de óxido de metal refratário, por exemplo, a alumina ativada. O termo "componente de paládio" significa qualquer composto, complexo ou similar que, após a calcinação ou sua utilização, se decompõe ou se converte de outra maneira a uma forma cataliticamente ativa, usualmente o metal ou o óxido de metal. Podem ser utilizados os compostos hidrossolúveis ou compostos ou complexos dispersáveis em água do componente de metal, desde que o meio líquido utilizado para impregnar ou depositar o componente de metal nas partículas de suporte de óxido de metal refratário não reaja negativamente com o metal ou o seu composto ou o seu complexo ou outros componentes que podem estar presentes na composição de catalisador e é capaz de ser removido do componente de metal através da volatilização ou de composição após o

aquecimento e/ou aplicação de vácuo. Em alguns casos, a conclusão da remoção do líquido pode não ocorrer até que o catalisador seja colocado em utilização e submetido às temperaturas elevadas encontradas durante a operação. Em geral, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, são utilizadas as soluções aquosas de compostos solúveis ou complexos de metais preciosos. Por exemplo, os compostos adequados são o nitrato de paládio ou nitrato de ródio.

[069]Um método adequado de preparação de qualquer camada do compósito de catalisador em camadas da presente invenção é preparar uma mistura de uma solução de um composto de metal precioso desejado (por exemplo, o composto de paládio) e, pelo menos, um suporte, tal como uma área de superfície altamente dividida, o suporte de óxido de metal refratário, por exemplo, a gama alumina, que é suficientemente seca para absorver substancialmente toda a solução para formar um sólido úmido que posteriormente é combinado com a água para formar uma suspensão revestível. Em uma ou mais realizações, a suspensão é ácida, por exemplo, possui um pH de cerca de 2 a inferior a cerca de 7, ou de preferência, no intervalo a partir de 3 a 5. O pH da suspensão pode ser diminuído pela adição de uma quantidade adequada de um ácido inorgânico ou orgânico à suspensão. As combinações de ambos podem ser utilizadas quando a compatibilidade de ácidos e materiais brutos é considerada. Os ácidos inorgânicos incluem, mas não estão limitados ao ácido nítrico. Os ácidos orgânicos incluem, mas não se limitam ao ácido acético, propiônico, oxálico, malônico, succínico, glutâmico, adípico, maleico, fumárico, ftálico, tartárico, cítrico e similares. Em seguida, caso desejado, os compostos hidrossolúveis ou dispersáveis em água de componentes de armazenamento de oxigênio, por exemplo, o compósito de cério-zircônio, um estabilizador, por exemplo, o acetato de bário e um promotor, por exemplo, o nitrato de lantânio, podem ser adicionados à suspensão.

[070]Em uma realização, a suspensão, em seguida, é fragmentada para resultar substancialmente em todos os sólidos que possuem tamanhos de partícula inferiores a cerca de 30 micrôn, isto é, entre cerca de 0,1 a 15 micrôn, em um diâmetro médio. Um exemplo de diâmetro médio de partícula  $d_{90}$  está no intervalo a partir de cerca de 2,5 a cerca de 8  $\mu\text{m}$ . A fragmentação pode ser realizada em um moinho de esferas, moinho circular ou outro equipamento similar, e o teor de sólidos da suspensão, por exemplo, pode ser de cerca de 20 a 60% em peso, mais especialmente de cerca de 30 a 40% em peso.

[071]As camadas adicionais, isto é, a segunda e terceira camadas podem ser preparadas e depositadas na primeira camada da mesma maneira conforme descrito acima para a deposição da primeira camada sobre o veículo.

### **REALIZAÇÕES**

[072]Diversas realizações estão listadas abaixo. Será entendido que as realizações listadas abaixo podem ser combinadas com todos os aspectos e outras realizações, de acordo com o âmbito da presente invenção.

[073]Realização 1. O sistema de tratamento de emissões a jusante de um motor de injeção direta a gasolina para o tratamento de uma corrente de exaustão que compreende os hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e partículas, um sistema de tratamento de emissões que compreende um filtro de partículas catalisadas:

- um material catalítico de conversão de três vias (TWC) que permeia as paredes do filtro de partículas;
- em que o filtro de partículas catalisadas possui uma porosidade revestida que é inferior a uma porosidade não revestida do filtro de partículas.

[074]Realização 2. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com a realização 1, em que não existe nenhuma camada do material catalítico na superfície das paredes do filtro de partículas, opcionalmente exceto em áreas de revestimento de lavagem de sobreposição.

[075]Realização 3. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com a realização 1 ou 2, em que a porosidade revestida é linearmente proporcional a uma carga de revestimento de lavagem do material catalítico de TWC.

[076]Realização 4. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com as realizações de 1 a 3, em que a porosidade revestida está entre 75 e 98% da porosidade não revestida.

[077]Realização 5. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com a realização 4, em que a porosidade revestida está entre 80 e 95% da porosidade não revestida.

[078]Realização 6. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com as realizações de 1 a 5, em que uma contrapressão revestida do filtro de partículas catalisadas não prejudica o desempenho do motor.

[079]Realização 7. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com as realizações de 1 a 6, em que para uma carga de revestimento de lavagem até cerca de 60 g/L, o filtro de partículas catalisadas possui uma contrapressão revestida que é inferior ou igual a um aumento de  $15\% \pm 3\%$  em comparação com uma contrapressão não revestida.

[080]Realização 8. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com as realizações de 1 a 7, em que o filtro de partículas compreende de 200 a 300 células por polegada quadrada (CPSI) (31 a 47 células por centímetro quadrado) e uma espessura de parede no intervalo a partir de 6 a 14 mil, o filtro de partículas catalisadas possui uma contrapressão revestida de que é inferior ou igual a um aumento de 50% em comparação com uma contrapressão não revestida.

[081]Realização 9. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com as realizações de 1 a 8, em que o filtro de partículas compreende um diâmetro de poro médio no intervalo a partir de cerca de 13 a cerca de 25

µm.

[082]Realização 10. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com as realizações de 1 a 9, em que o filtro de partículas compreende uma espessura de parede no intervalo a partir de cerca de 6 mils (152 µm) a cerca de 14 mils (356 µm) e uma porosidade não revestida no intervalo a partir de 55 a 70%.

[083]Realização 11. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com as realizações de 1 a 10, em que o material catalítico TWC é formado a partir de uma única composição de revestimento de lavagem que permeia um lado da entrada, um lado da saída ou ambos os lados do filtro de partículas.

[084]Realização 12. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com a realização 11, em que uma primeira camada de revestimento de lavagem está presente no lado da entrada ao longo de cerca de 0 a 100% do comprimento axial do filtro de partículas da extremidade a montante e uma segunda camada única de revestimento de lavagem está presente no lado da saída ao longo de cerca de 0 a 100% do comprimento axial do filtro de partículas a partir da extremidade a jusante, em que, pelo menos, uma das primeiras e únicas camadas de revestimento de lavagem está presente em uma quantidade > 0%.

[085]Realização 13. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com a realização 12, em que uma primeira camada de revestimento de lavagem está presente no lado da entrada ao longo de cerca de 50 a 100% do comprimento axial do filtro de partículas da extremidade a montante e uma segunda camada única de revestimento de lavagem está presente no lado da saída ao longo de até cerca de 50 a 100% do comprimento axial do filtro de partículas a partir da extremidade a jusante.

[086]Realização 14. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com a realização 13, em que a primeira camada de revestimento de

lavagem está presente no lado da entrada até cerca de 50 a 55% do comprimento axial do filtro em partículas da extremidade a montante e a segunda camada de revestimento de lavagem está presente no lado da saída ao longo de até cerca de 50 a 55% do comprimento axial do filtro de partículas a partir da extremidade a jusante.

[087]Realização 15. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com a realização 11, em que uma única camada de revestimento de lavagem está presente no lado da entrada ao longo de até cerca de 100% do comprimento axial do filtro em partículas da extremidade a montante e não existe nenhuma camada de revestimento de lavagem no lado da saída.

[088]Realização 16. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com a realização 11, em que uma única camada de revestimento de lavagem está presente no lado da saída em até cerca de 100% do comprimento axial do filtro de partículas da extremidade a jusante e não existe uma camada de revestimento de lavagem no lado da entrada.

[089]Realização 17. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com as realizações de 1 a 16, que compreende o material catalítico TWC em uma quantidade no intervalo a partir de cerca de 1 a cerca de 5 g/in<sup>3</sup> (cerca de 60 a cerca de 300 g/L).

[090]Realização 18. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com as realizações de 1 a 17, em que a porosidade não revestida está no intervalo a partir de 55 a 70%.

[091]Realização 18.5. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com as realizações de 1 a 18, em que a porosidade não revestida é uma porcentagem do volume de poros do filtro de partículas em relação ao volume do filtro de partículas.

[092]Realização 19. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com as realizações de 1 a 18.5, em que o material catalítico de TWC

compreende o ródio, paládio, céria ou o composto de céria e alumina.

[093]Realização 20. O sistema de tratamento de emissões, de acordo com as realizações de 1 a 19, em que o filtro de partículas comprehende a cordierita, alumina, carboneto de silicone, titanato de alumínio ou mulita.

[094]Realização 21. O filtro de partículas catalisadas localizado em um sistema de tratamento de emissões a jusante de um motor de injeção direta a gasolina para o tratamento de uma corrente de exaustão que comprehende os hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e partículas, que comprehende:

- um filtro de partículas que comprehende uma espessura de parede no intervalo a partir de cerca de 6 mils (152 µm) a cerca de 14 mils (356 µm) e uma porosidade no intervalo a partir de 55 a 70%; e

- um material catalítico de conversão de três vias (TWC) em uma quantidade no intervalo a partir de cerca de 1,0 a cerca de 4 g/in<sup>3</sup> (120 a 244 g/L);

- em que o material catalítico de TWC permeia as paredes do filtro de partículas.

[095]Realização 21.1. O filtro de partículas catalisadas, de acordo com a realização 21, em que não existe nenhuma camada do material catalítico na superfície das paredes do filtro de partículas opcionalmente exceto em áreas de revestimento de lavagem de sobreposição.

[096]Realização 21.3. O filtro de partículas catalisadas, de acordo com a realização 21 ou 21.1, em que não existe nenhum material catalítico fora dos poros das paredes do filtro de partículas.

[097]Realização 21.5. O filtro de partículas catalisadas, de acordo com as realizações de 21 a 21.3, em que a porosidade é uma porcentagem do volume de poros do filtro de partículas em relação ao volume do filtro de partículas.

[098]Realização 22. O método para o tratamento de um gás de exaustão que compreende os hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e partículas, o método compreende:

- a obtenção do filtro de partículas catalisadas, de acordo com as realizações de 1 a 21.5; e

- a localização do filtro de partículas catalisadas a jusante de um motor de injeção direta a gasolina;

- em que, após a operação do motor, o gás de exaustão do motor de injeção direta a gasolina entra em contato com o filtro de partículas catalisadas.

[099]Realização 23. O método de preparação do filtro de partículas catalisadas, o método compreende:

- a obtenção do filtro de partículas;

- a formação de uma suspensão de um material catalítico de conversão de três vias (TWC) que possui um pH no intervalo a partir de 2 a 7; e

- a permeação do material catalítico de TWC na parede do filtro de partículas para formar o filtro de partículas catalisadas de tal maneira que o filtro de partículas catalisadas possua uma porosidade revestida que seja menor do que uma porosidade não revestida do filtro de partículas.

[0100]Realização 24. O método, de acordo com a realização 23, em que a suspensão possui uma viscosidade dinâmica no intervalo a partir de cerca de 5 a inferior a 40 mPa.s a 20 °C e teor de sólidos de 0 a 25% em peso de sólidos.

[0101]Realização 25. O método, de acordo com as realizações de 23 a 24, em que o pH está no intervalo a partir de 3 a 5.

[0102]Realização 26. O método, de acordo com as realizações de 23 a 25, em que não existe nenhuma camada do material catalítico na superfície das paredes do filtro de partículas opcionalmente exceto em áreas de

revestimento de lavagem de sobreposição.

[0103]Realização 26.5. O método, de acordo com as realizações de 23 a 26, em que não existe nenhum material catalítico fora dos poros das paredes do filtro de partículas.

[0104]Realização 27. O método, de acordo com as realizações de 23 a 26.5, em que a porosidade revestida é linearmente proporcional a uma carga de revestimento de lavagem do material catalítico de TWC.

[0105]Realização 28. O método, de acordo com as realizações de 23 a 27, em que a porosidade revestida está entre 75 e 98% da porosidade não revestida.

[0106]Realização 29. O método, de acordo com as realizações de 23 a 28, em que a porosidade revestida está entre 80 e 95% da porosidade não revestida.

[0107]Realização 30. O método, de acordo com as realizações de 23 a 29, em que uma contrapressão revestida do filtro de partículas catalisadas não é prejudicial para o desempenho do motor.

[0108]Realização 31. O método, de acordo com as realizações de 23 a 30, em que para uma carga de revestimento de lavagem de 60 g/L, o filtro de partículas catalisadas possui uma contrapressão revestida inferior ou igual a um aumento de  $15\% \pm 3\%$  em comparação com a contrapressão não revestida.

[0109]Realização 32. O método, de acordo com as realizações de 23 a 31, em que o filtro de partículas compreende de 200 a 300 células por polegada quadrada (CPSI) (31 a 47 células por centímetro quadrado) e uma espessura de parede no intervalo a partir de 6 a 14 mil, o filtro de partículas catalisadas possui uma contrapressão revestida de que é inferior ou igual a um aumento de 50% em comparação com uma contrapressão não revestida.

[0110]Realização 32.5. O método, de acordo com as realizações de 23 a 31, em que a porosidade não revestida é uma porcentagem do volume

de poros do filtro de partículas em relação ao volume do filtro de partículas.

### EXEMPLOS

[0111] Os seguintes Exemplos não limitantes irão servir para ilustrar as diversas realizações da presente invenção. Em cada um dos Exemplos, o veículo é uma cordierita de fluxo de parede. Em cada um dos exames, o veículo é uma cordierita de fluxo de parede. Em cada um dos Exemplos, a porosidade é uma porcentagem do volume de poros do filtro de partículas em relação ao volume do filtro de partículas.

### EXEMPLO COMPARATIVO 1

[0112] Um filtro de partículas de possuir um catalisador de conversão de três vias (TWC) revestido foi preparado com uma carga de revestimento de lavagem de 2 g/in<sup>3</sup> (120 g/L) em um substrato de 300 células por polegada quadrada (CPSI) (47 células por centímetro quadrado) e substrato de filtro de paredes de 12 mil de 4,66\*5". O substrato bruto possuía um volume total de intrusão de 0,82 mL/g e um diâmetro médio dos poros de 19,9 µm.

[0113] O método para revestir o revestimento de lavagem de catalisador TWC no substrato, em geral, foi de acordo com a técnica tradicional discutida acima. As etapas específicas foram as seguintes.

(1) Impregnar uma gama alumina de área de superfície elevada com uma solução de nitrato de ródio (Rh(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>). Calcar a alumina impregnada de Rh. Adicionar os precursores do promotor: o hidróxido de bário (Ba(OH)<sub>2</sub>) e nitrato de zircônio ((Zr(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>).

(2) Impregnar um componente de armazenamento de oxigênio (OSC) com uma solução de paládio (Pd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>). Calcar a alumina impregnada de Pd. Adicionar o precursor do promotor: acetato de bário (Ba(OAc)<sub>2</sub>). Moer o material resultante.

(3) Combinar os materiais de (1) e (2). Moer para formar a suspensão final / revestimento de lavagem.

(4) Revestir o substrato com a suspensão final / revestimento de lavagem.

[0114]Para a preparação do Exemplo Comparativo 1, o tempo de processamento (imersão) foi de 40 segundos por lado durante um total de 80 segundos. Devido ao elevado número de íons livres, a viscosidade dinâmica era elevada (por exemplo, cerca de 40 mPa.s a 20 °C) e o revestimento na parede não era possível.

[0115]O Exemplo Comparativo 1 revestiu nominalmente 50% do revestimento de lavagem no lado da entrada e 50% no lado da saída, o que possibilita a sobreposição do revestimento de lavagem na seção central do filtro. As Figuras de 7A a C mostram as micrografias SEM das partes de entrada, meio e saída do filtro de partículas catalisadas do Exemplo Comparativo 1. As áreas de luz mostram em que local existe um revestimento de lavagem. Existe uma quantidade significativa de revestimento de lavagem não nos poros das paredes na seção central. O revestimento de lavagem não é distribuído de maneira homogênea durante todo os pores das paredes. Na seção central, o revestimento de lavagem formou uma camada na superfície das paredes.

### **EXEMPLO COMPARATIVO 2**

[0116]Um filtro de partículas que possui um catalisador de conversão de três vias (TWC) revestido foi preparado a uma carga de revestimento de lavagem de 2 g/in<sup>3</sup> (120 g/L) em um substrato de 300/8 de tamanho 4,66 \*5 ", cujas características estão resumidas na Tabela 1 abaixo. O catalisador e método de revestimento estavam de acordo com o Exemplo Comparativo 1.

[0117]O Exemplo Comparativo 2 revestiu nominalmente 50% do revestimento de lavagem no lado da entrada e 50% no lado da saída, o que possibilita a sobreposição do revestimento de lavagem na seção central do filtro. As Figuras de 8A a C mostram as micrografias SEM de peças de entrada, meio

e saída do filtro de partículas catalisadas do Exemplo Comparativo 2. As áreas de luz mostram em que local existe o revestimento de lavagem. Nas seções dianteira, central e traseira, existe uma quantidade significativa de revestimento de lavagem não nos poros das paredes na seção central. O revestimento de lavagem não é distribuído de maneira homogênea pelos poros das paredes. O revestimento de lavagem formou as áreas em camadas na superfície das paredes.

### **EXEMPLO 3**

[0118]Um filtro de partículas que possui um catalisador de conversão de três vias (TWC) que permeia a parede do substrato foi preparado com uma carga de revestimento de lavagem de 2 g/in<sup>3</sup> (120 g/L) em um substrato de 300/8 de tamanho 4,66 \*5", cujas características estão resumidas na Tabela 1 abaixo.

[0119]O método para revestir o revestimento de lavagem de catalisador TWC no substrato, em geral, foi de acordo com a técnica aprimorada discutida acima. As etapas específicas foram as seguintes.

(1) Impregnar uma gama alumina de área de superfície elevada com uma solução de nitrato de ródio (Rh(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>). Calcinar a alumina impregnada de Rh. Adicionar a água, octanol e ácido acético. Adicionar os precursores do promotor: nitrato de bário (Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) e nitrato de zircônio ((Zr(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>)). Moer o material resultante.

(2) Impregnar um componente de armazenamento de oxigênio (OSC) com uma solução de paládio (Pd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>). Calcinar a alumina impregnada de Pd. Adicionar a água, octanol e ácido acético. Adicionar os precursores do promotor: nitrato de bário (Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) e nitrato de zircônio (Zr(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>)). Moer o material resultante.

(3) Combinar os materiais de (1) e (2) para formar a suspensão / revestimento de lavagem final.

(4) Revestir o substrato com a suspensão final / revestimento de lavagem.

[0120]Para a preparação do Exemplo 3, o tempo de processamento (imersão) foi de 3 segundos por lado durante um total de 6 segundos, o que é uma redução substancial em relação ao Exemplo Comparativo 1. Devido a um mínimo de íons livres, a viscosidade dinâmica era baixa (por exemplo, de cerca de 8 mPa.s a 20 °C) e o revestimento de parede / permeação era possível. A viscosidade da suspensão / revestimento de lavagem do Exemplo 3 foi 80% menor do que no Exemplo Comparativo 1.

[0121]O Exemplo 3 revestido nominalmente 50% do revestimento de lavagem no lado da entrada e 50% no lado da saída, o que possibilita a sobreposição do revestimento de lavagem na seção central do filtro. As Figuras de 9A a C mostram as micrografias SEM de peças de entrada, meio e saída do filtro de partículas catalisadas do Exemplo 3. As áreas de luz mostram em que local existe o revestimento de lavagem. Nas seções dianteira, central e traseira, o revestimento de lavagem fica totalmente nos poros das paredes nas seções dianteira, central e traseira. Existe um pequeno revestimento de lavagem nos cantos da seção central (Figura 9B) local eu que sobreposição durante o processo de revestimento. O revestimento de lavagem foi distribuído de maneira homogênea pelos poros das paredes. Não existe nenhuma camada apreciável de revestimento de lavagem na superfície das paredes. Isto é, em áreas sem sobreposição de revestimento de lavagem, não existe nenhuma camada do material catalítico na superfície das paredes. Pequenas quantidades de material podem aparecer na superfície das paredes no local em que existe a sobreposição.

#### **EXEMPLO 4**

[0122]Um filtro de partículas de um catalisador de conversão de três vias (TWC) que permeava a parede do substrato foi preparado com uma

carga de revestimento de lavagem de 1 g/in<sup>3</sup> (60 g/L) em um substrato de 300/8, cujas características estão resumidas em Tabela 1 abaixo. O método de revestimento estava de acordo com o Exemplo 3. O Exemplo 4 revestiu 100% do revestimento de lavagem no lado da entrada sem o revestimento de lavagem no lado da saída.

### **EXEMPLO 5**

[0123]Um filtro de partículas de um catalisador de conversão de três vias (TWC) que permeava a parede do substrato foi preparado com uma carga de revestimento de lavagem de 1,25 g/in<sup>3</sup> (75 g/L) em um substrato de 300/8 de tamanho 4,66 \*5", cujas características estão resumidas na Tabela 1 abaixo. O método de revestimento estava de acordo com o Exemplo 3. O Exemplo 5 revestiu 100% do revestimento de lavagem no lado da entrada sem o revestimento de lavagem no lado da saída.

### **EXEMPLO 6**

#### **DADOS**

[0124]A Tabela 1 resume as características do substrato, bruto e revestido de acordo com os Exemplos.

**TABELA 1**

Exemplo	Revestimento de lavagem (g/L)	Porosidade média (%)	Volume de Intrusão Total Médio (mL/g)	Diâmetro de Poro Médio (volume) µm	% em volume restante
Substrato Bruto A*	-	63,3	0,68	19,9	100
Exemplo Comparativo 2	120	57,2	0,50	6,63	90,3
Exemplo 3 – A	120	54,4	0,41	8,65	85,1
Exemplo 3 – B	120	54,5	0,40	8,36	86,0
Exemplo 4 – A	60	60,6	0,57	18,20	95,7
Exemplo 5	75	57,2	0,47	13,80	90,3
Substrato Bruto B**	-	62,0	0,67	18,24	100

Exemplo	Revestimento de lavagem (g/L)	Porosidade média (%)	Volume de Intrusão Total Médio (mL/g)	Diâmetro de Poro Médio (volume) µm	% em volume restante
Exemplo 4 – B	60	58,8	0,53	14,63	94,8

\* O substrato bruto A é representativo do substrato bruto utilizado para o Exemplo Comparativo 2, Exemplos 3A, 3B, 4A e 5.

\*\* O substrato bruto B representa o substrato bruto utilizado para o Exemplo 4B.

[0125]A Figura 10 fornece um resumo gráfico da informação na Tabela 1 (volume de poro restante (%) *versus* a carga de revestimento de lavagem (g/L)), mostrando que os filtros revestidos da presente invenção possuem a característica de que a porosidade revestida é linearmente proporcional a uma carga de revestimento de lavagem do material catalítico TWC. O ponto de dados para o Exemplo Comparativo 2 não cai na linha que corresponde aos dados para os Exemplos da presente invenção.

[0126]A Figura 11 é um gráfico da contrapressão (mbar) *versus* o fluxo de volume (m<sup>3</sup>/h) para os Exemplos Comparativos 1 e 2 (120 g/L) *versus* um substrato bruto. A Figura 12 é um gráfico da contrapressão (mbar) *versus* o fluxo de volume (m<sup>3</sup>/h) para o Exemplo 3 (120 g/L) *versus* um substrato bruto. O aumento de contrapressão para o Exame 3 é significativamente menor que o aumento de contrapressão no Exemplo Comparativo 1.

[0127]A Figura 13 é um gráfico da contrapressão (mbar) *versus* o fluxo de volume (m<sup>3</sup>/h) para um filtro revestido que possui 60 g/L produzido de acordo com a técnica tradicional *versus* um substrato bruto. A Figura 14 é um gráfico da contrapressão (mbar) *versus* o fluxo de volume (m<sup>3</sup>/h) para o filtro revestido do Exemplo 4-A que possui 60 g/L produzido de acordo com a técnica aprimorada / presente invenção *versus* um substrato bruto. O aumento

da contrapressão para a técnica aprimorada / presente invenção é significativamente menor do que o aumento da contrapressão para a técnica tradicional.

[0128]A Tabela 2 fornece um aumento percentual médio da contrapressão em relação ao substrato bruto para diversos filtros revestidos produzidos de acordo com a técnica tradicional *versus* a técnica aprimorada / presente invenção utilizando um substrato de substrato de 300 células por polegada quadrada (CPSI) (47 células por centímetro quadrado) e substrato de filtro de paredes de 12 mil de 4,66\*5".

**TABELA 2**

% de aumento da contrapressão em relação ao substrato bruto a uma taxa de fluxo constante		
Revestimento de lavagem (g/L)	120	60
Técnica tradicional / anterior	60,7	51,4
Aprimorada / presente invenção	14,3	8,7

[0129]As Tabelas 3 e 4 fornecem a contrapressão média para diversos filtros revestidos produzidos de acordo com a técnica aprimorada / presente invenção utilizando os substratos de filtro de 4,66 \*5" que possuem células variadas por polegada quadrada (CPSI) (células variadas por centímetro quadrado) e espessura de parede (mil).

**TABELA 3**

% de aumento da contrapressão (Dp) em relação ao substrato bruto a uma taxa de fluxo constante de 600 m <sup>3</sup> /h				
Revestimento de lavagem de 120 g/L				
CPSI / mil (células variadas por centímetro quadrado / mil)	300/8 (47/8)	300/12 (47/12)	300/10 (47/10)	240/9 (37/9)
% de aumento de DP	30,6	17,4	16,7	68,1
Desvio padrão	7,3	3,1	-	-

**TABELA 4**

% de aumento da contrapressão (Dp) em relação ao substrato bruto a uma taxa de fluxo constante de 600 m <sup>3</sup> /h		
Revestimento de lavagem de 600 g/L		
CPSI / mil (células variadas por centímetro quadrado / mil)	300/8 (47/8)	240/9 (37/9)
% de aumento de DP	10,4	10,7
Desvio padrão	3	-

[0130]Para as cargas baixas de revestimento de lavagem, o

aumento da contrapressão em relação ao substrato bruto é baixo e independente do substrato bruto CPSI / espessura da parede, isto é, o volume disponível para o revestimento de lavagem na parede. Para carga elevada de revestimento de lavagem, o aumento de contrapressão é maior e depende da espessura da parede. Com uma espessura de parede inferior, isto é, 300/8, existe menos volume para o revestimento de lavagem que leva a um maior aumento da porcentagem (%) de Pd. O aumento da porcentagem (%) de Dp foi calculado com base em Dp a 600 m<sup>3</sup>/h, mas estes são quase independentes do fluxo de volume selecionado para o cálculo.

[0131]As Figuras 15 e 16 mostram os dados de desempenho NEDC para o Exemplo Comparativo 1 e Exemplo 3. Os FWCs estavam localizados em uma posição de acoplamento fechado. O desempenho de emissões de filtros revestidos preparados pela técnica aprimorada / presente invenção é comparável àqueles preparados pela técnica anterior / técnica tradicional, com o benefício de um aumento reduzido na contrapressão e eficiência aprimorada na fabricação.

[0132]A referência ao longo desta especificação a “uma realização”, “determinadas realizações”, “uma ou mais realizações” ou “uma realização” significa que um aspecto, estrutura, material ou característica especial descrita em relação à realização está incluída em, pelo menos, uma realização da presente invenção. Por conseguinte, as aparências das frases tais como “em uma ou mais realizações”, “em determinadas realizações”, “em uma realização” ou “em uma realização” em diversos lugares ao longo desta especificação não estão necessariamente se referindo à mesma realização da presente invenção. Além disso, os aspectos, estruturas, materiais ou características particulares podem ser combinados de qualquer maneira adequada em uma ou mais realizações.

A presente invenção foi descrita com referência específica às realizações e

modificações descritas acima. Outras modificações e alterações podem ocorrer a outras pessoas ao ler e entender a especificação. Pretende-se incluir todas essas modificações e alterações, desde que sejam abrangidas pelo âmbito da presente invenção.

### **REIVINDICAÇÕES**

1. SISTEMA DE TRATAMENTO DE EMISSÕES a jusante de um motor de injeção direta a gasolina para o tratamento de uma corrente de exaustão que compreende hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e partículas, em que o sistema de tratamento de emissões compreende um filtro de partículas catalisadas compreendendo:

- um material catalítico de conversão de três vias (TWC) que permeia as paredes de um filtro de partículas;

- em que o filtro de partículas catalisadas possui uma porosidade revestida que é inferior a uma porosidade não revestida do filtro de partículas,

caracterizado pela porosidade revestida estar entre 75 e 98% da porosidade não revestida e a superfície das paredes do filtro de partículas ser isenta de camada de material catalítico, opcionalmente exceto em áreas de revestimento de lavagem de sobreposição.

2. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela porosidade revestida ser linearmente proporcional a uma carga de revestimento de lavagem do material catalítico de TWC.

3. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela porosidade revestida estar entre 80 e 95% da porosidade não revestida.

4. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por uma contrapressão revestida do filtro de partículas catalisadas ser não prejudicial ao desempenho do motor.

5. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, para uma carga de revestimento de lavagem de até 60 g/L, o filtro de partículas catalisadas possuir uma contrapressão revestida que é inferior ou igual a um aumento de 15%  $\pm$  3% em comparação com a contrapressão não revestida.

6. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado

pelo filtro de partículas compreender de 200 a 300 células por polegada quadrada (CPSI) (31 a 47 células por centímetro quadrado) e uma espessura de parede no intervalo de 6 a 14 mil (152 a 356  $\mu\text{m}$ ), o filtro de partículas catalisadas possuindo uma contrapressão revestida que é menor ou igual a um aumento de 50% em comparação com uma contrapressão não revestida.

7. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo filtro de partículas compreender um diâmetro médio dos poros no intervalo de 13 a 25  $\mu\text{m}$ .

8. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo filtro de partículas compreender uma espessura de parede no intervalo de 6 a 14 mils (152 a 356  $\mu\text{m}$ ) e uma porosidade não revestida no intervalo de 55 a 70%.

9. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo material catalítico de TWC ser formado a partir de uma única composição de revestimento de lavagem que permeia um lado da entrada, um lado da saída, ou ambos os lados do filtro de partículas.

10. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por uma primeira camada única de revestimento de lavagem estar presente no lado da entrada ao longo de até 0 a 100% do comprimento axial do filtro de partículas da extremidade a montante e uma segunda camada única de revestimento de lavagem estar presente no lado da saída ao longo de até 0 a 100% do comprimento axial do filtro de partículas da extremidade a jusante, em que pelo menos uma das primeira e única camadas de revestimento de lavagem estão presentes em uma quantidade de > 0%.

11. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por uma primeira camada única de revestimento de lavagem estar presente no lado da entrada ao longo de até 50 a 100% do comprimento axial do filtro de partículas da extremidade a montante e uma segunda camada única de

revestimento de lavagem estar presente no lado da saída ao longo de até 50 a 100% do comprimento axial do filtro de partículas a partir da extremidade a jusante.

12. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pela primeira camada única de revestimento de lavagem estar presente no lado da entrada ao longo de até 50 a 55% do comprimento axial do filtro de partículas da extremidade a montante e pela segunda camada única de revestimento de lavagem estar presente no lado da saída ao longo de até 50 a 55% do comprimento axial do filtro de partículas a partir da extremidade a jusante.

13. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por uma única camada de revestimento de lavagem estar presente no lado da entrada ao longo de até 100% do comprimento axial do filtro de partículas a partir da extremidade a montante e o lado da saída ser isento de uma camada de revestimento de lavagem.

14. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por uma única camada de revestimento de lavagem estar presente no lado da saída ao longo de até 100% do comprimento axial do filtro de partículas a partir da extremidade a jusante e não existir uma camada de revestimento de lavagem no lado da entrada.

15. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender o material catalítico de TWC em uma quantidade no intervalo a partir de 1 a 5 g/pol<sup>3</sup> (60 a 300 g/L).

16. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela porosidade não revestida ser uma porcentagem do volume de poros do filtro de partículas em relação ao volume do filtro de partículas e estar no intervalo de 55 a 70%.

17. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo material catalítico de TWC compreender ródio, paládio, céria ou compósito

de céria, e alumina.

18. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo filtro de partículas compreender cordierita, alumina, carboneto de silicone, titanato de alumínio, ou mulita.

19. FILTRO DE PARTÍCULAS CATALISADAS localizado em um sistema de tratamento de emissões a jusante de um motor de injeção direta a gasolina para o tratamento de uma corrente de exaustão que compreende hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, e partículas, em que o filtro de partículas catalisadas compreende:

- um filtro de partículas que compreende uma espessura de parede no intervalo de 6 mils a 14 mils (152 a 356 µm) e uma porosidade no intervalo de 55 a 70%; e

- um material catalítico de conversão de três vias (TWC) em uma quantidade no intervalo de 1,0 a 4 g/pol<sup>3</sup> (120 a 244 g/L);

- em que o material catalítico de TWC permeia as paredes do filtro de partículas,

caracterizado pela porosidade revestida estar entre 75 e 98% da porosidade não revestida e a superfície das paredes do filtro de partículas ser isenta de camada do material catalítico, opcionalmente exceto em áreas de revestimento de lavagem de sobreposição.

20. MÉTODO PARA O TRATAMENTO DE UM GÁS DE EXAUSTÃO que compreende hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e partículas, caracterizado por compreender:

- a obtenção de um filtro de partículas catalisadas, conforme definido na reivindicação 19; e

- a localização do filtro de partículas catalisadas a jusante de um motor de injeção direta a gasolina;

- em que, após a operação do motor, o gás de exaustão do motor

de injeção direta a gasolina entra em contato com o filtro de partículas catalisadas.

21. MÉTODO PARA A FABRICAÇÃO DE UM FILTRO DE PARTÍCULAS CATALISADAS, que compreende:

- a obtenção de um filtro de partículas;
- a formação de uma suspensão de um material catalítico de conversão de três vias (TWC) que possui um pH no intervalo de 2 a 7; e
  - a permeação do material catalítico de TWC na parede do filtro de partículas para formar o filtro de partículas catalisadas de tal maneira que o filtro de partículas catalisadas possua uma porosidade revestida que seja menor do que uma porosidade não revestida do filtro de partículas,caracterizado pela porosidade revestida estar entre 75 e 98% da porosidade não revestida e a superfície das paredes do filtro de partículas ser isenta de camada do material catalítico, opcionalmente exceto em áreas de revestimento de lavagem de sobreposição.

22. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pela suspensão possuir uma viscosidade dinâmica no intervalo de 5 a inferior a 40 mPa.s a 20 °C e teor de sólidos de 0 a 25% em peso de sólidos.

23. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo pH estar no intervalo de 3 a 5.

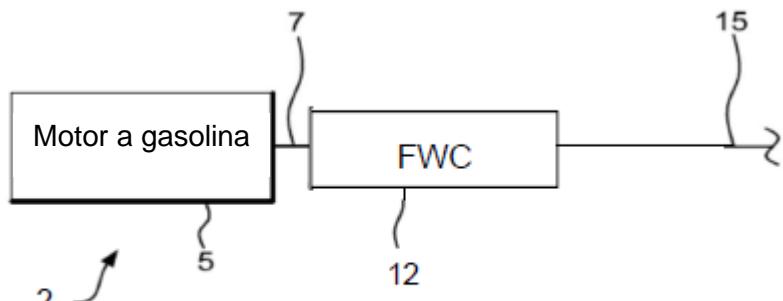
24. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pela porosidade revestida ser linearmente proporcional a uma carga de revestimento de lavagem do material catalítico de TWC.

25. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pela porosidade revestida estar entre 80 e 95% da porosidade não revestida.

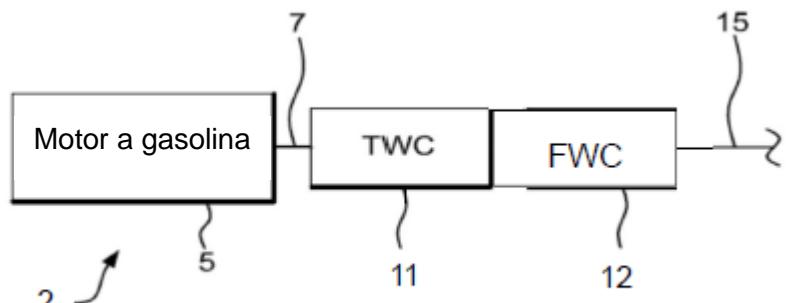
26. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado por uma contrapressão revestida do filtro de partículas catalisadas ser não prejudicial ao desempenho do motor.

27. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado por, para uma carga de revestimento de lavagem de 60 g/L, o filtro de partículas catalisadas possuir uma contrapressão revestida que é menor ou igual a um aumento de 15%  $\pm$  3% em comparação com uma contrapressão não revestida.

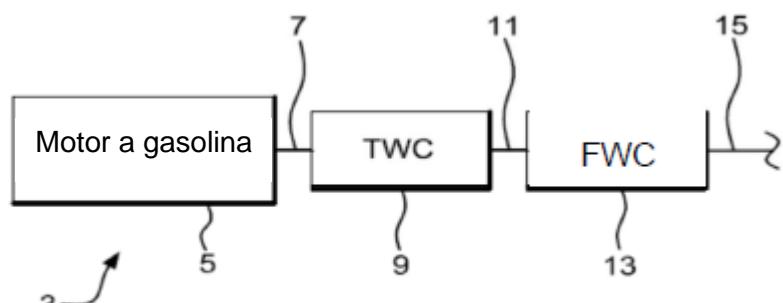
28. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo filtro de partículas compreender de 200 a 300 células por polegada quadrada (CPSI) (31 a 47 células por centímetro quadrado) e uma espessura de parede no intervalo de 6 a 14 mil (152 a 356  $\mu$ m), e em que o filtro de partículas catalisadas possui uma contrapressão revestida que é menor ou igual a um aumento de 50% em comparação com uma contrapressão não revestida.



**FIG. 1 A**



**FIG. 1 B**



**FIG. 1 C**



FIG. 2

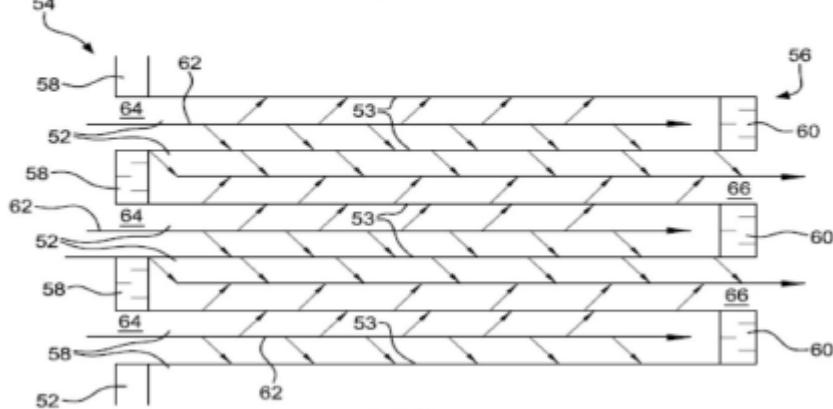


FIG. 3

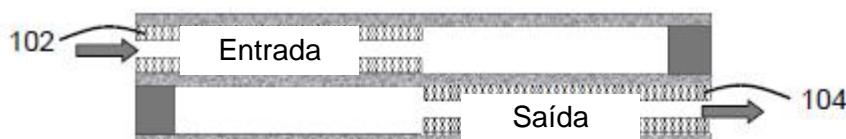


FIG. 4

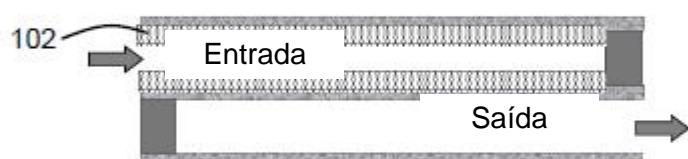
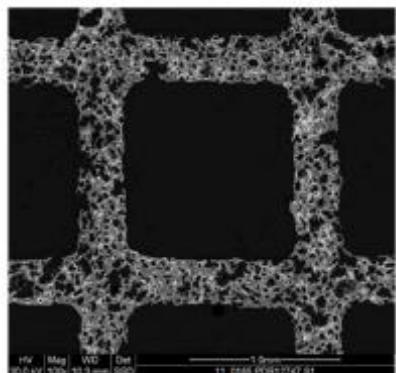


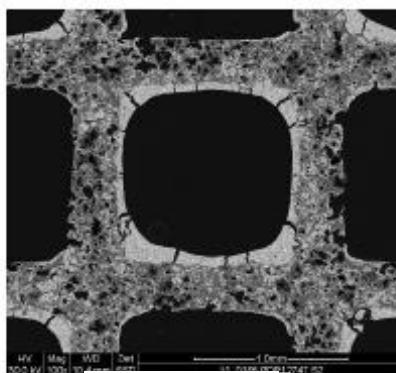
FIG. 5



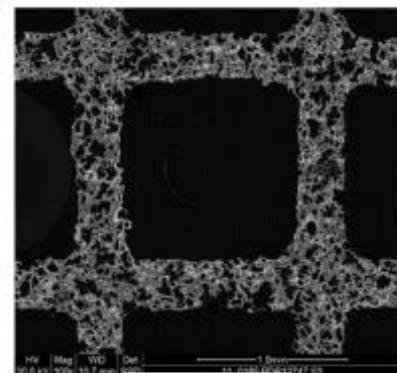
FIG. 6



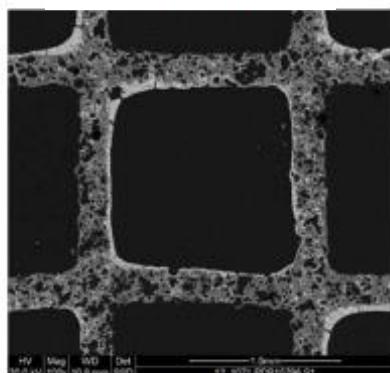
Danteira  
**FIG. 7A**  
Técnica anterior



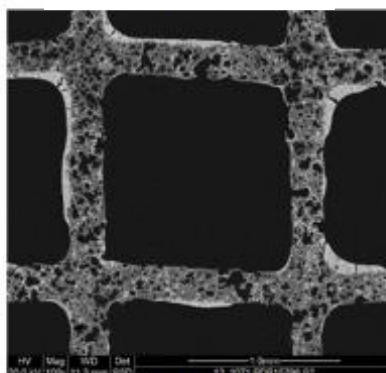
Central  
**FIG. 7B**  
Técnica anterior



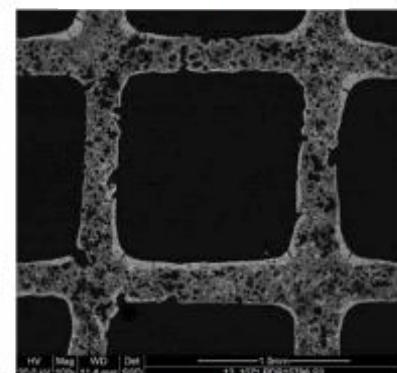
Traseira  
**FIG. 7C**  
Técnica anterior



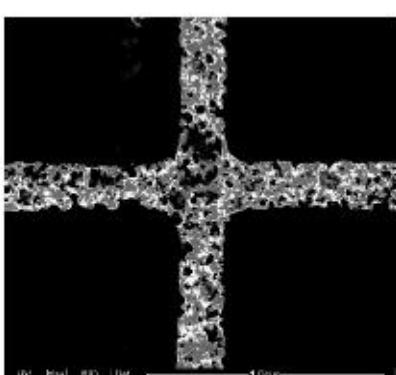
Danteira  
**FIG. 8A**  
Técnica anterior



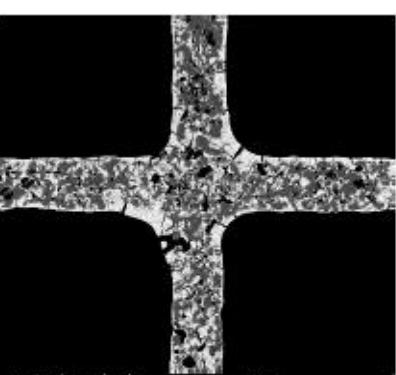
Central  
**FIG. 8B**  
Técnica anterior



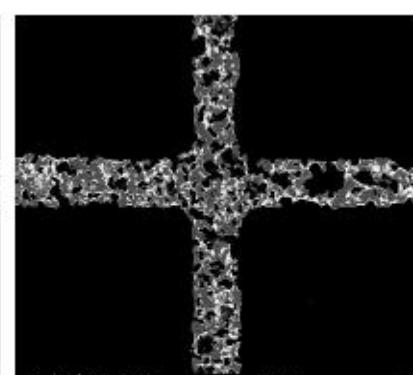
Traseira  
**FIG. 8C**  
Técnica anterior



Danteira  
**FIG. 9A**



Central  
**FIG. 9B**



Traseira  
**FIG. 9C**

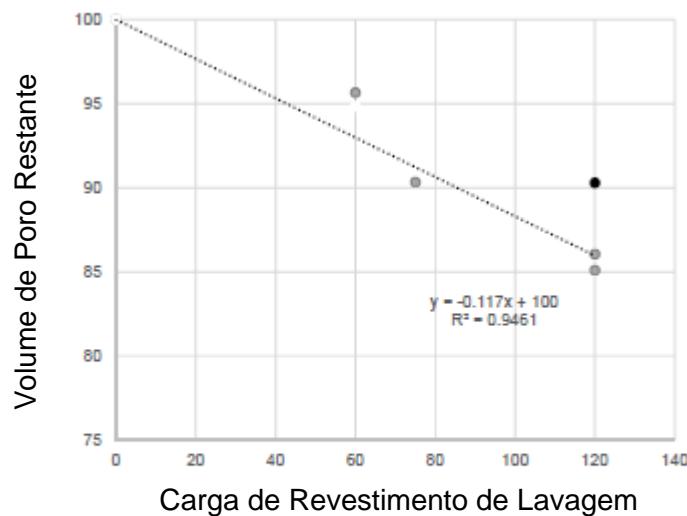


FIG. 10

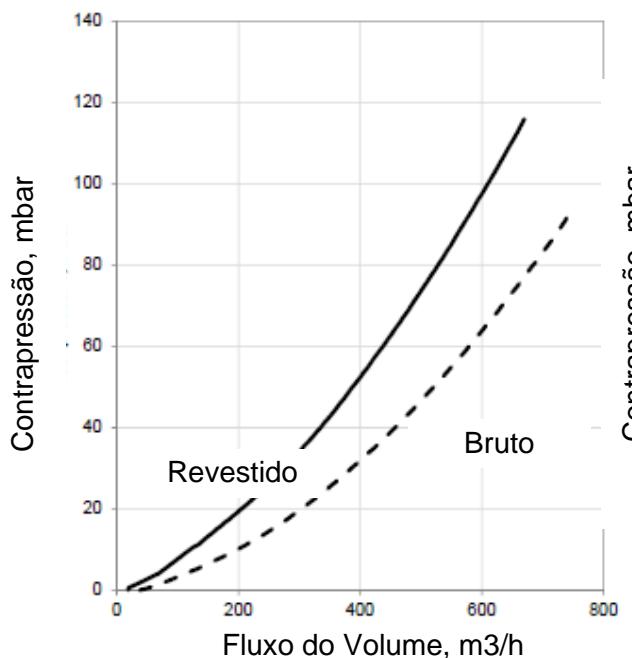
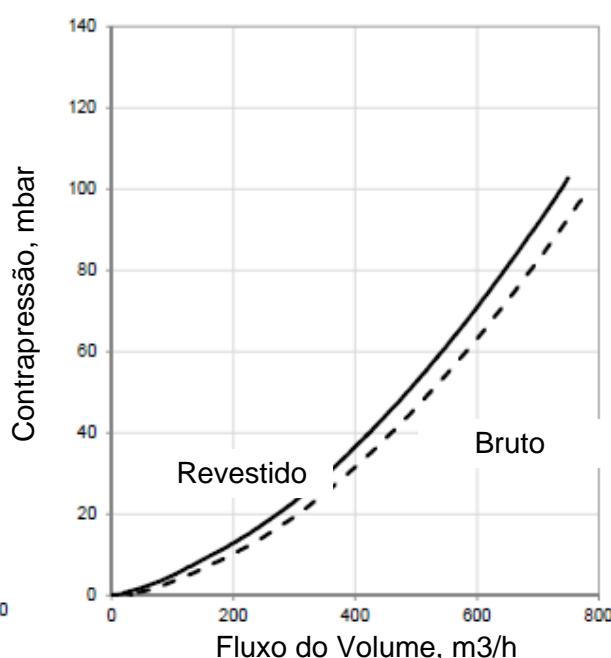
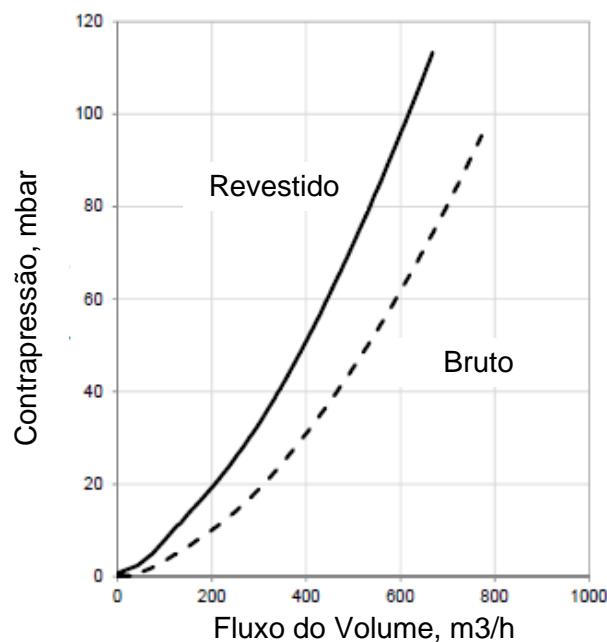
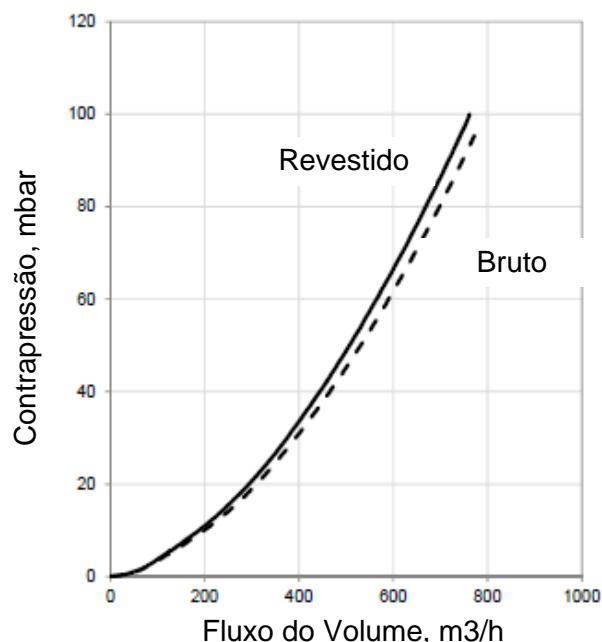
FIG. 11  
Técnica anterior

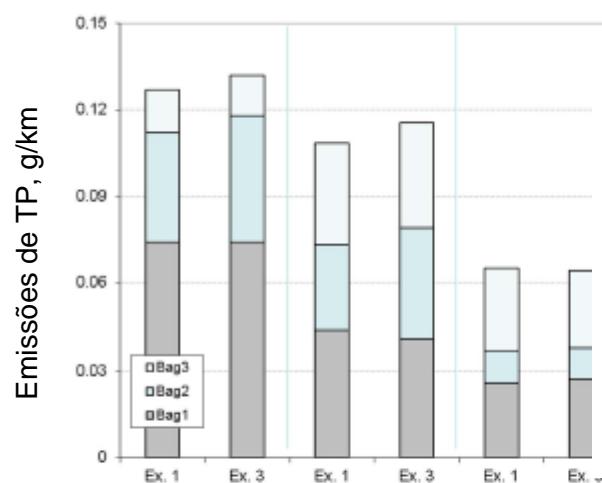
FIG. 12



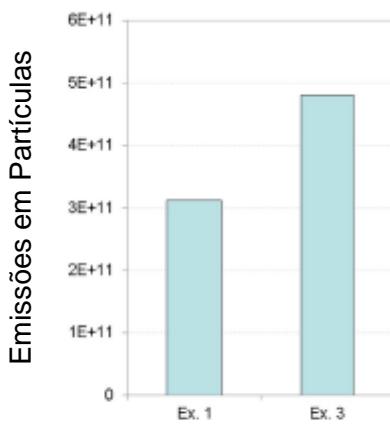
**FIG. 13**  
Técnica anterior



**FIG. 14**



**FIG. 15**



**FIG. 16**