



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

(11) BR 112018069872-5 B1



(22) Data do Depósito: 10/04/2017

(45) Data de Concessão: 06/09/2022

(54) Título: MÉTODO PARA REVESTIR UM SUBSTRATO COM UMA ESPUMA, E, DISPOSITIVO DE CONTROLE DE EMISSÕES PARA TRATAR OU REMOVER POLUENTES DE UM GÁS DE ESCAPE PRODUZIDO POR UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

(51) Int.Cl.: B01J 37/02; F01N 3/28.

(30) Prioridade Unionista: 11/04/2016 GB 1606133.5.

(73) Titular(es): JOHNSON MATTHEY PUBLIC LIMITED COMPANY.

(72) Inventor(es): CECILIA BERNARDINI; THOMAS CAMPBELL; GUY RICHARD CHANDLER; CHRISTOPHER DALY; KATHARINE HARDSTONE; THOMAS HOTCHKISS; DAVID THOMPSETT.

(86) Pedido PCT: PCT GB2017050990 de 10/04/2017

(87) Publicação PCT: WO 2017/178801 de 19/10/2017

(85) Data do Início da Fase Nacional: 27/09/2018

(57) Resumo: É descrito um método para revestir um substrato com uma espuma. O método compreende: (a) introduzir uma espuma em um substrato que compreende uma pluralidade de canais através de extremidades abertas dos canais em uma primeira extremidade do substrato; e (b) aplicar opcionalmente (i) um vácuo às extremidades abertas dos canais em uma segunda extremidade do substrato e/ou (ii) uma pressão às extremidades abertas dos canais na primeira extremidade do substrato; em que a espuma compreende um material particulado, e em que a espuma é estabilizada por partículas.

MÉTODO PARA REVESTIR UM SUBSTRATO COM UMA ESPUMA, E, DISPOSITIVO DE CONTROLE DE EMISSÕES PARA TRATAR OU REMOVER POLUENTES DE UM GÁS DE ESCAPE PRODUZIDO POR UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A invenção refere-se a um método para revestir um substrato com uma espuma estabilizada por partículas. O substrato revestido é para uso em um dispositivo de controle de emissões para tratar ou remover poluentes de um gás de escape produzido por um motor de combustão interna. A invenção se refere adicionalmente a um dispositivo de controle de emissões que compreende um substrato e uma camada de espuma sólida, e a usos do dispositivo de controle de emissões.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[002] Dispositivos de controle de emissões (por exemplo, catalisadores, tais como catalisadores de três vias ou catalisadores de oxidação de diesel) para tratar o gás de escape de um motor de combustão interna em aplicações tanto móveis quanto estacionárias, tipicamente, incluem um substrato (por exemplo, um substrato de monólito em formato de colmeia) revestido com um líquido que compreende um componente de catalisador. Problemas podem surgir durante o processo de revestimento que pode depender das propriedades do substrato que deve ser revestido (por exemplo, tamanho dos canais, o material a partir do qual o substrato é produzido e sua porosidade) e as propriedades (por exemplo, reologia) do líquido que é usado para formar o revestimento. Vários métodos e aparelhos têm sido desenvolvidos por fabricantes de dispositivos de controle de emissões para endereçar esses problemas.

[003] O Documento nº WO 2007/068127 A1 descreve um método para preparar espumas molhadas que exibem estabilidade de longo prazo em que partículas coloidais liofilizadas parcialmente são usadas para estabilizar a

interface gás-líquido de uma espuma. Em um aspecto, as partículas são parcialmente liofilizadas *in situ* tratando-se partículas hidrofílicas inicialmente com moléculas anfifílicas de solubilidade específica na fase líquida da suspensão. No entanto, o Documento nº WO 2007/068127 A1 não revela ou ensina quaisquer aplicações de revestimento.

[004] Em "a novel method of coating a particle stabilized alumina foam on a porous alumina substrate", Materials Letters, 88, 40 a 42, 2012, Ha *et al.* descreveram um método para revestir uma espuma de alumina estabilizada por partículas em um substrato de alumina poroso sem o uso de uma força externa para aplicar a espuma. Um processo de revestimento por imersão foi usado que se baseia em uma força capilar para puxar a espuma sobre o substrato de alumina poroso.

[005] A síntese de espuma de Al_2O_3 estabilizada por partículas de célula aberta com o uso de partículas de $\text{Al}(\text{OH})_3$ foi descrita, consultar Scripta Materialia, 76, 85 a 88, 2014. A espuma líquida produzida foi moldada com o uso de moldes PerspexTM antes de secagem controlada. Nenhuma força externa foi aplicada.

[006] O Documento nº DE 102007002903 A1 descreve um processo para aplicar uma camada de recobrimento catalítico a um substrato. A camada de recobrimento é gaseificado ou desgaseificado antes da aplicação. Para alcançar o teor de gás desejado, as bolhas de ar são estabilizadas ou desestabilizadas através da adição de aditivos específicos (tensoativos/antiespumantes).

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[007] Os inventores constataram surpreendentemente que revestir um substrato com uma espuma estabilizada por partículas pode obter certas vantagens para superar as deficiências de usar uma camada de recobrimento em métodos de revestimento comuns para fabricar dispositivos de controle de emissões. O uso de uma espuma estabilizada por partículas em tais métodos

proporciona controle excelente sobre revestimento de dosagem de pouca profundidade, e camadas de revestimento uniformes podem ser aplicadas ao substrato. O uso de dosagens de camada de recobrimento maiores do que é necessário também pode ser evitado.

[008] A invenção se refere a um método para revestir um substrato com uma espuma. O método compreende:

(a) introduzir uma espuma em um substrato que compreende uma pluralidade de canais através de extremidades abertas dos canais em uma primeira extremidade do substrato; e

(b) aplicar opcionalmente (i) um vácuo às extremidades abertas dos canais em uma segunda extremidade do substrato e/ou (ii) uma pressão às extremidades abertas dos canais na primeira extremidade do substrato;

em que a espuma compreende um material particulado, e em que a espuma é estabilizada por partículas.

[009] A invenção permite a fabricação de um substrato revestido que tem uma camada de espuma sólida porosa. Esse substrato revestido pode possuir uma ou mais vantagens comparado a um substrato revestido, revestido com o uso de um processo de camada de recobrimento convencional. O substrato revestido pode ser usado como, ou fazer parte de, um dispositivo de controle de emissões.

[0010] Um dispositivo de controle de emissões que tem uma camada de espuma sólida porosa disposta em um substrato pode mostrar contrapressão reduzida em um sistema de escape quando comparado a um dispositivo de controle de emissões formulado identicamente que tenha sido fabricado a partir de uma camada de recobrimento. Uma redução na contrapressão é particularmente vantajosa para dispositivos de controle de emissões que compreendem um substrato de filtração, tal como um substrato de filtração de monólito em formato de colmeia. A estrutura de célula aberta

da camada de espuma sólida pode permitir prontamente a passagem de gás de escape através da camada e os poros podem auxiliar a coleta de fuligem.

[0011] A camada de espuma sólida porosa tipicamente tem uma área de superfície específica alta em comparação com camadas que tem a mesma composição que tenham sido fabricadas por um processo de camada de recobrimento convencional. A área de superfície específica alta pode resultar em uma melhoria na atividade do dispositivo de controle de emissões.

[0012] A camada de espuma sólida porosa tem uma superfície áspera, a qual pode fornecer excelente contato entre os componentes da camada de espuma sólida (por exemplo, material catalítico) e qualquer fuligem capturada a partir do gás de escape na camada de espuma sólida. Essa aspereza de superfície pode aumentar oxidação da fuligem, tal como quando NO₂ ou O₂ são usados como oxidantes.

[0013] A invenção fornece adicionalmente uma camada de espuma sólida. A camada de espuma sólida é obtida ou obténível pelo método da invenção.

[0014] A invenção fornece adicionalmente um dispositivo de controle de emissões para tratar ou remover poluentes de um gás de escape produzido por um motor de combustão interna. O dispositivo de controle de emissões compreende uma camada de espuma sólida disposta ou sustentada em um substrato, a qual é obtida ou é obténível a partir de um método para revestir um substrato com uma espuma da invenção. Adicional ou alternativamente, o dispositivo de controle de emissões compreende um substrato e uma camada de espuma sólida que tem uma estrutura de célula aberta, em que a camada de espuma sólida é disposta ou sustentada no substrato. O substrato compreende, tipicamente, uma pluralidade de canais.

[0015] A invenção também se refere a um sistema de escape para tratar ou remover poluentes de um gás de escape produzido por um motor de combustão interna. O sistema de escape compreende um dispositivo de

controle de emissões da invenção.

[0016] Aspectos adicionais da invenção se referem a métodos e usos do dispositivo de controle de emissões.

[0017] Um primeiro aspecto de método da invenção é um método de tratar ou remover poluentes de um gás de escape produzido por um motor de combustão interna. O método compreende a etapa de passar um gás de escape produzido por um motor de combustão interna através de um dispositivo de controle de emissões de acordo com a invenção. O método também pode ser um método de evitar um acúmulo em contrapressão dentro de um sistema de escape de um motor de combustão interna.

[0018] Um primeiro aspecto de uso da invenção se refere ao uso de um dispositivo de controle de emissões em um sistema de escape de um motor de combustão interna para evitar um acúmulo em contrapressão dentro do sistema de escape.

[0019] Nos primeiros aspectos de método e uso da invenção, o substrato (isto é, do dispositivo de controle de emissões que compreende uma camada de espuma sólida) é um substrato de filtro, tal como um substrato de filtragem de monólito em formato de colmeia.

[0020] Contrapressão é uma propriedade crítica de catalisadores automotivos. Aumentos em contrapressão podem fazer com que o motor realize trabalho mecânico adicional e/ou podem resultar em menos energia sendo extraída quando uma turbina de escape é usada. Isso pode resultar em aumentos em consumo de combustível, matéria particulada e emissões de CO e temperaturas de escape mais altas. Conforme os padrões de emissão, isto é, as quantidades de poluentes que é permissível emitir a partir de um veículo, por exemplo, Euro 5 e Euro 6, se tornam cada vez mais rigorosos os mesmos também passam a incluir requisitos legislados para verificação de diagnóstico a bordo em uso (OBD) de eficiência contínua de catalisador. Os requisitos de OBD são particularmente relevantes para filtros catalisados uma vez que

fabricantes de veículos tipicamente incluem remoção ativa periódica de matéria particulada retida no filtro em seu projeto de veículo para manter desempenho eficiente do motor, no qual temperaturas de gás de escape são aumentadas com o uso de, por exemplo, gerenciamento de motor de injeção de combustível e/ou combustível é injetado no gás de escape a jusante do motor e queimado em um catalisador adequado. Como veículo fabricantes estão exigindo produtos de catalisador com a capacidade para durabilidade completa (veículo), fabricantes de filtros catalisados buscam combater desativação de catalisador ao longo do tempo carregando-se o filtro com tanto catalisador quanto possível no início.

[0021] Contrapressão de escape do motor pode provocar diversos problemas em motores modernos, especialmente em motores a diesel equipados com sistemas de pós-tratamento complexos e, especialmente, com filtros de partículas de diesel (DPF). A fonte principal de contrapressão aumentada é proveniente de acúmulo de fuligem em filtros de partículas de diesel. Caso os filtros de partículas de diesel não sejam regenerados em uma base regular, ocorrerão aumentos em contrapressão, que provocam inúmeros problemas, como descrito acima.

[0022] A preocupação devido a problemas associados com contrapressão aumentada também afeta o projeto de dispositivo de controle de emissão em que carregamento de camada de recobrimento precisa levar em conta possíveis efeitos em contrapressão. Carregamento de camada de recobrimento aumentado pode afetar o fluxo de gás de escape através das paredes de um filtro fornecendo-se resistência aumentada antes de o gás de escape alcançar a parede. Além disso, camada de recobrimento pode ser localizado nos poros de filtro, o que reduz adicionalmente o fluxo de gás de escape. O acúmulo de fuligem dentro das paredes do filtro entre regenerações também tem um efeito importante no aumento de contrapressão.

[0023] Um segundo aspecto de método da invenção é um método de

capturar platina (Pt) volatilizada a partir de um gás de escape. O método compreende uma etapa de contatar um gás de escape com um material catalítico que compreende platina (Pt), e, então, contatar o gás de escape com uma camada de espuma sólida para capturar ou prender platina (Pt) volatilizada.

[0024] Um segundo aspecto de uso da invenção se refere ao uso de uma camada de espuma sólida para capturar platina (Pt) volatilizada em um sistema de escape para tratar um gás de escape produzido por um motor de ignição de combustão interna. Tipicamente, o sistema de escape compreende um material catalítico que compreende platina (Pt), e em que a camada de espuma sólida é arranjada para contatar o gás de escape após o gás de escape ter contatado ou passado através do material catalítico que compreende platina (Pt).

[0025] Quando um material catalítico que compreende platina (Pt) é exposto em um sistema de escape a temperaturas relativamente altas por um período de tempo suficiente, níveis baixos de platina (Pt) podem volatilizar a partir do material catalítico. Essa platina (Pt) volatilizada pode ficar presa em um catalisador de redução catalítica seletiva (SCR) a jusante ou um catalisador de filtro de redução catalítica seletiva (SCRTM). Tais temperaturas relativamente altas podem ocorrer durante uso normal, especialmente em aplicações de diesel para serviço pesado, ou durante regeneração de um filtro de partículas. Pt presa no catalisador de SCR ou no catalisador de SCRTM pode ter um efeito altamente prejudicial no desempenho do catalisador devido ao fato de que a mesma pode oxidar amônia (NH₃). A Pt presa pode consumir a NH₃ que é destinada à redução catalítica seletiva de NO_x (diminuindo, desse modo, conversão de NO_x) e emissões secundárias indesejáveis podem ser produzidas. O problema de volatilização de Pt é discutido nos Documentos n^{os} WO 2013/088133, WO 2013/088132, WO 2013/088128 e WO 2013/050784.

[0026] Qualquer referência a uma "camada de espuma sólida" no método ou aspectos de uso da invenção acima, em geral, se refere a uma camada de espuma sólida como obtida ou obténível pelo método da invenção para revestir um substrato com uma espuma.

[0027] Nos segundos aspectos de método e uso da invenção, o gás de escape pode compreender platina (Pt) volatilizada quando o material catalítico que compreende platina (Pt) tiver sido exposto a uma temperatura de $\geq 700^{\circ}\text{C}$.

[0028] Em geral, platina volatilizada pode estar presente em um gás de escape (isto é, em um sistema de escape) quando a temperatura do gás de escape é $\geq 700^{\circ}\text{C}$, tal como $\geq 800^{\circ}\text{C}$, preferencialmente, $\geq 900^{\circ}\text{C}$.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0029] A **Figura 1a** mostra uma imagem de um microscópio óptico de uma espuma fresca da amostra I no EXEMPLO 2 (em ampliação de 5x e barra de escala de 0,20 mm); e a **Figura 1b** mostra uma imagem de um microscópio óptico da espuma fresca da amostra I no EXEMPLO 2 (em ampliação de 5x e barra de escala de 0,25 mm).

[0030] A **Figura 2** mostra imagens de microscopia eletrônica de varredura (SEM) do EXEMPLO 3.

[0031] A **Figura 3** mostra uma imagem do revestimento de suspensão no EXEMPLO 4a em um segmento do substrato após o mesmo ter sido cortado longitudinalmente.

[0032] A **Figura 4** mostra imagens de SEM do filtro revestido no EXEMPLO 4a, **4a** da superfície de revestimento e **4b** mostra corte transversal do mesmo.

[0033] A **Figura 5** mostra imagens de SEM do filtro revestido no EXEMPLO 4b, **5b** da superfície de revestimento e **5a** e **5c** em corte transversal.

[0034] A **Figura 6** mostra imagens de SEM do filtro revestido no

EXEMPLO 4c, **6a** da superfície de revestimento e **6b** em corte transversal.

[0035] A **Figura 7** mostra a imagem de microscópio óptico do filtro revestido no EXEMPLO 5a.

[0036] A **Figura 8** mostra a imagem de microscópio óptico do catalisador revestido no EXEMPLO 5b.

[0037] A **Figura 9** mostra uma imagem de microscópio de uma região de captura espumada para Pt volatilizada dosada sobre a formulação de DOC do EXEMPLO 7, com a vista orientada perpendicular aos canais de substrato: a **Figura 9a** mostra um revestimento espumado; a **Figura 9b** mostra um revestimento convencional que não é espumado.

[0038] A **Figura 10** mostra imagens de SEM de fatias da zona de saída dos monólitos mostrados na **Figura 9**, com a vista orientada paralela aos canais de substrato. A **Figura 10a** mostra um revestimento espumado; a **Figura 10b** mostra um revestimento convencional que não é espumado.

[0039] A **Figura 11** é um gráfico que mostra a atividade de conversão de NO_x de núcleos de SCR envelhecidos atrás de núcleos de DOC com e sem uma região de captura espumada para Pt volatilizada, quando funciona em um teste de SCAT de SCR. A mesma mostra que o núcleo de SCR envelhecido atrás do EXEMPLO 7 (com a contramedida de revestimento de espuma) mantém atividade de conversão NO_x mais alta do que o núcleo de SCR envelhecido atrás do EXEMPLO 7, que não tem nenhum revestimento de espuma.

[0040] A **Figura 12** mostra uma imagem de raios-X do monólito revestido do EXEMPLO 7, que compreende o revestimento de DOC do EXEMPLO 6 com a região de captura espumada para Pt volatilizada. Nessa Figura, a saída é na parte superior da imagem, com o revestimento espumado curto (6 a 10 mm) visível como a tira escura diretamente na saída.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0041] A invenção fornece um método para revestir um substrato com

uma espuma. A espuma é estabilizada por partículas (denominada no presente documento como uma "espuma estabilizada por partículas").

[0042] O método compreende a etapa de (a) introduzir uma espuma em um substrato (por exemplo, um substrato que compreende uma pluralidade de canais) através de extremidades abertas dos canais em uma primeira extremidade do substrato. Essa etapa é uma etapa de aplicar a espuma ao interior do substrato e sobre as paredes dos canais. Os métodos para introduzir um líquido em um substrato descrito em qualquer um dos Documentos n^{os} WO 99/47260 A1, WO 2011/080525 A1, WO 2014/195685A1 e WO 2015/145122 (todos os quais são incorporados ao presente documento a título de referência) pode ser usado para introduzir uma espuma em m substrato. Uma espuma deve ser usada em vez de um líquido (por exemplo, camada de recobrimento) nesses métodos.

[0043] A etapa de (a) introduzir uma espuma em um substrato através de extremidades abertas dos canais em uma primeira extremidade do substrato pode compreender as etapas de: (i) colocar um meio de contenção em cima da primeira extremidade do substrato, (ii) dosar a espuma, preferencialmente, uma quantidade predeterminada da espuma, no meio de contenção, e (iii) aplicar [1] um vácuo às extremidades abertas dos canais em uma segunda extremidade do substrato (isto é, para puxar a espuma para o substrato através das extremidades abertas dos canais na primeira extremidade) e/ou [2] pressão às extremidades abertas dos canais na primeira extremidade do substrato (isto é, para pressionar ou soprar a espuma no substrato através das extremidades abertas dos canais na primeira extremidade). A primeira extremidade do substrato é uma extremidade superior do substrato, e a segunda extremidade do substrato é uma extremidade inferior do substrato. Quando a etapa (a) compreende dosar a espuma em um meio de contenção em cima da primeira extremidade do substrato, então, o método pode, ou não, preferencialmente, não, compreender a etapa adicional de (b) aplicar (i) um vácuo às

extremidades abertas dos canais em uma segunda extremidade do substrato e/ou (ii) uma pressão às extremidades abertas dos canais na primeira extremidade do substrato.

[0044] Alternativamente, a etapa de (a) introduzir uma espuma em um substrato através de extremidades abertas dos canais em uma primeira extremidade do substrato pode compreender as etapas de (i) reter o substrato de forma substancialmente vertical e (ii) pressionar ou injetar a espuma, preferencialmente, uma quantidade predeterminada da espuma, no substrato (por exemplo, através das extremidades abertas dos canais na primeira extremidade). Tipicamente, a primeira extremidade do substrato é uma extremidade inferior do substrato (e a segunda extremidade do substrato é uma extremidade superior do substrato).

[0045] Em geral, é preferencial que a espuma seja introduzida contra a gravidade no substrato através das extremidades abertas dos canais em uma extremidade inferior (isto é, primeira) do substrato, tal como pressionando-se ou injetando-se a espuma no substrato.

[0046] A espuma pode ser introduzida no substrato em uma maneira por etapas ou contínua (por exemplo, sem pausar). É preferencial que a espuma seja introduzida continuamente no substrato, tipicamente até que o substrato tenha sido revestido com uma dose (isto é, uma dose única) da espuma.

[0047] Em geral, a etapa (a) compreende introduzir a espuma em uma quantidade predeterminada.

[0048] O termo "quantidade predeterminada" como usado no presente documento se refere a uma quantidade total da espuma para introdução no substrato que seja suficiente para obter uma característica específica de produto, tal como uma especificação de revestimento desejada. A quantidade é "predeterminada" no sentido que a mesma é determinada fora de linha em experimentos de rotina para descobrir a quantidade total da espuma que é

necessária para alcançar as características desejadas do produto. Tais quantidades predeterminadas podem ser prontamente determinadas e podem ser conhecidas do uso de outros métodos ou aparelhos para revestir substratos na técnica (por exemplo, consultar os Documentos n^{os} WO 99/47260, WO 2011/080525, WO 2014/19568 e WO 2015/145122).

[0049] A quantidade predeterminada pode ser na faixa de 1 a 300 gramas.

[0050] A quantidade predeterminada pode ser um volume predeterminado e/ou uma massa predeterminada da espuma. É preferencial que a quantidade predeterminada seja um volume predeterminado. Um volume predeterminado pode ser obtido com o uso de uma massa predeterminada de densidade conhecida. Tipicamente, o volume predeterminado tem como base o volume do substrato a ser revestido.

[0051] A quantidade predeterminada pode ser não mais do que 500 ml. A quantidade predeterminada pode ser 150 ml ou menos, 100 ml ou menos, 75 ml ou menos ou 50 ml ou menos.

[0052] O volume predeterminado pode ser 1 a 200% do volume dos canais a serem revestidos, tal como 1 a 150%, preferencialmente, 1 a 100% (por exemplo, 1 a 80%) do volume dos canais a serem revestidos.

[0053] A quantidade predeterminada é tipicamente uma dose única da espuma.

[0054] O termo "dose única" como usado no presente documento se refere a uma quantidade da espuma para revestir um único substrato, tipicamente para atender uma especificação desejada de produto.

[0055] Quando a etapa (a) compreende uma etapa de (ii) pressionar ou injetar a espuma no substrato, então, pode ser (ii) pressionar ou injetar a espuma, preferencialmente, uma quantidade predeterminada da espuma, com o uso de um pistão. O pistão pode estar localizado dentro de um alojamento. É preferencial que o pistão seja um pistão de movimento alternado dentro de um

alojamento. É preferencial que o alojamento tem uma câmara de entrega.

[0056] Pode ser difícil controlar revestimento uma camada de recobrimento para profundidades de revestimento curtas em um substrato com o uso de métodos comuns devido ao fato de que em algum ponto no processo a dose pré-medida de camada de recobrimento tem que se espalhar para cobrir a área facial do substrato. Esse espalhamento pode ser sobre a face do substrato ou sobre outra superfície. Assim, quanto menor o volume dosado, mais difícil é para alcançar aquele espalhamento.

[0057] Mais especificamente, pode ser difícil com métodos atuais de revestir substratos com uma camada de recobrimento para entregar precisamente relativamente quantidades pequenas de camada de recobrimento para uma profundidade de revestimento especificada, especialmente com qualquer precisão. Isso é especialmente verdadeiro quando uma camada de recobrimento está sendo aplicado parcialmente como uma camada de topo sobre uma camada de fundo e a camada de topo é projetada para cobrir apenas uma pequena porção da camada de fundo. Esse é especialmente o caso quando a camada de topo é projetada para ser um revestimento relativamente fino sobre a camada de fundo. Quando uma camada de topo é colocada sobre uma camada de fundo, a espessura da camada de topo pode ser importante e até mesmo crítica para obter as conversões desejadas nos sistemas quando difusão de gás de escape através da camada de topo é crucial. Por exemplo, em um catalisador de deslizamento de amônia, uma camada que compreende um catalisador de oxidação de amônia pode ser colocada sobre ou sob uma camada que contém um catalisador de SCR. A profundidade de revestimento da camada de oxidação de amônia pode ser controlada mais precisamente com o uso do revestimento de espuma descrito no presente documento.

[0058] O dispositivo de controle de emissões da invenção e o método para fabricação do mesmo podem permitir melhorias na passagem sequencial de gases para dentro e através de várias zonas de um dispositivo de controle

de emissões que contém materiais catalíticos diferentes, ou quantidades diferentes de materiais catalíticos, quando catalisadores ou materiais catalíticos estão presente em uma configuração em sequência ou em zonas.

[0059] A espuma pode ser introduzida e revestida sobre as paredes dos canais para fornecer um comprimento predeterminado da camada de espuma sólida. O comprimento predeterminado pode ser de 0,1 a 100%, tal como 0,2 a 100% (por exemplo, 1 a 100%) do comprimento do canal. Pode ser preferencial que o comprimento predeterminado seja de 0,1 a 60% (por exemplo, 0,1 a 50%) do comprimento de canal, tal como de 0,1 a 20% do comprimento de canal, particularmente 0,5 a 15% do comprimento de canal, mais preferencialmente, 1 a 10% do comprimento de canal. Para evitar dúvidas, o comprimento predeterminado se refere ao comprimento da camada de espuma sólida após secagem e/ou calcinação. É possível que o comprimento da espuma estabilizada por partículas revestido inicialmente sobre o substrato possa ser mais longo, mais curto ou o mesmo comprimento que o comprimento predeterminado da camada de espuma sólida.

[0060] O comprimento predeterminado pode ser não mais do que 100 mm. Pode ser preferencial que o comprimento predeterminado não seja superior a 80 mm, não mais do que 70 mm, não mais do que 50 mm (por exemplo, 30 mm ou menos), não mais do que 25 mm, não mais do que 20 mm, não mais do que 15 mm (por exemplo, 12 mm ou menos), não mais do que 10 mm (por exemplo, 8 mm ou menos), ou não mais do que 5 mm. O comprimento predeterminado dependerá, e pode ser limitado por, o comprimento do substrato.

[0061] Tipicamente, a espuma pode ser revestida sobre as paredes dos canais para fornecer um comprimento predeterminado uniforme. A expressão "comprimento predeterminado uniforme" se refere a uma diferença entre o comprimento de cada camada de espuma sólida nas paredes dos canais de 20 mm ou menos, tipicamente 5 mm ou menos (por exemplo, 2 mm ou menos),

preferencialmente, 1,5 mm ou menos, mais preferencialmente, 1 mm ou menos, especialmente 0,8 mm ou menos.

[0062] No método da invenção, o substrato pode ser um substrato revestido ou um substrato não revestido (por exemplo, antes da etapa (a) introduzir uma espuma em um substrato). Quando o substrato é um substrato revestido, então, a espuma pode ser introduzida no substrato revestido e sobre o revestimento do substrato. Em geral, é preferencial que o substrato seja um substrato não revestido (isto é, antes da introdução da espuma).

[0063] O método da invenção pode compreender a etapa de (b) aplicar (i) um vácuo às extremidades abertas dos canais em uma segunda extremidade do substrato e/ou (ii) uma pressão às extremidades abertas dos canais na primeira extremidade do substrato.

[0064] Em uma primeira modalidade, a etapa (b) pode compreender aplicar um vácuo às extremidades abertas dos canais em uma segunda extremidade do substrato durante etapa (a) ou após a etapa (a). É preferencial que o substrato não tenha sido invertido antes de aplicar o vácuo (isto é, durante ou após a etapa (a)).

[0065] Em uma segunda modalidade, a etapa (b) pode compreender (i) reter em vedação da espuma introduzida dentro do substrato; (ii) inverter o substrato que contém a espuma retida; e (iii) aplicar um vácuo às extremidades abertas dos canais em uma segunda extremidade do substrato. Na segunda modalidade, a etapa (b) é realizada após a etapa (a). Tipicamente, a primeira extremidade do substrato é uma extremidade inferior do substrato (e a segunda extremidade do substrato é uma extremidade superior do substrato). Após a inversão, a segunda extremidade do substrato estará mais baixa do que a primeira extremidade do substrato.

[0066] Em geral, o método da invenção pode compreender adicionalmente a etapa (c) secar e/ou calcinar o substrato que contém a espuma estabilizada por partículas (isto é, obter uma camada de espuma

sólida disposta ou sustentada no substrato). A etapa (c) é realizada após a etapa (a) ou após as etapas (a) e (b).

[0067] O substrato pode ser seco a 75 a 150 °C, tal como de 80 a 150 °C, preferencialmente, 85 a 125 °C (por exemplo, por 5 a 60 minutos, particularmente por 10 a 30 minutos). A etapa de secagem pode ser realizada para fixar a espuma sobre o substrato.

[0068] O substrato pode ser calcinado em uma temperatura de até 750 °C, tal como 150 a 750 °C (por exemplo, maior do que 150 °C e até 750 °C), tal como 300 a 600 °C, mais preferencialmente, 400 a 550 °C.

[0069] O método da invenção pode compreender adicionalmente uma etapa (d) repetir (a) e (c) ou repetir (a), (b) e (c) com uma segunda espuma estabilizada por partículas que compreende um segundo material particulado. A segunda espuma estabilizada por partículas pode ser a mesma ou diferente da primeira espuma estabilizada por partículas. A diferença pode ser com base na composição da espuma, a dosagem da espuma, o teor sólido da espuma e/ou a viscosidade da espuma. Os revestimentos podem ser realizados em localizações diferentes, com o uso de quantidades diferentes e/ou comprimentos de revestimento diferentes. Por exemplo, o segundo revestimento de espuma ou qualquer revestimento adicional subsequente pode começar a partir da mesma ou das outras extremidades abertas dos canais o revestimento de espuma prévio.

[0070] O método da invenção compreende uma etapa de introduzir uma espuma estabilizada por partículas em um substrato. Qualquer referência a uma "espuma estabilizada por partículas" como usado no presente documento se refere, em geral, a uma espuma estabilizada por partículas molhada salvo indicação em contrário. O termo "espuma estabilizada por partículas" é bem conhecido na técnica e pode se referir a uma espuma de Pickering. Uma espuma estabilizada por partículas é fundamentalmente diferente de uma espuma estabilizada por tensoativo.

[0071] A espuma estabilizada por partículas pode ser obtida a partir de um método de formação de espuma direto. O método de formação de espuma direto compreende as etapas de (i) preparar uma suspensão de um material particulado em um meio aquoso (por exemplo, líquido, tal como água); e (ii) espumar a suspensão, tal como introduzindo-se um gás na suspensão para gerar uma espuma estabilizada por partícula. O aquecimento para remover líquido pode produzir um material de espuma sólido.

[0072] Quando o material particulado compreende, ou consiste essencialmente em, um material cerâmico (como definido abaixo), então, o método da invenção pode compreender adicionalmente a etapa de impregnar a camada de espuma sólida com uma solução, preferencialmente, uma solução aquosa, que compreende, ou que consiste essencialmente em, um metal cataliticamente ativo, sorvente ou um precursor do mesmo. Essa etapa é realizada, preferencialmente, após (c) secar e/ou calcinar o substrato que contém a espuma estabilizada por partículas. A solução tipicamente não compreende um material cerâmico, tal como descrito abaixo.

[0073] O método pode compreender uma etapa adicional de secar e/ou calcinar o substrato após a etapa de impregnar a camada de espuma sólida com uma solução. O precursor do metal cataliticamente ativo (por exemplo, Pt, Pd, Cu ou Fe) ou sorvente (por exemplo, metal alcalino-terroso, tal como Mg, Ba ou Sr) formará o metal cataliticamente ativo ou sorvente, tipicamente, após a calcinação.

[0074] Tipicamente, o material particulado tem um tamanho de partícula mediano (por exemplo, d_{50}) de 1 nm a 50 μm (por exemplo, 20 nm a 50 μm), preferencialmente, 2 nm a 20 μm (por exemplo, 20 nm a 20 μm), tal como 2 nm a 10 μm (por exemplo, 20 nm a 10 μm), mais preferencialmente, 2 nm a 7 μm (por exemplo, 20 nm a 7 μm). O d_{50} pode ser medido por um Malvern Mastersizer 2000 com o método de dispersão de luz.

[0075] O material particulado pode, preferencialmente, ter um

tamanho de partícula mediano de 1 μm a 10 μm , preferencialmente, 2 μm a 7 μm .

[0076] Em geral, o material particulado tem um tamanho de partícula d_{90} de 1 nm a 50 μm (por exemplo, 20 nm a 50 μm , preferencialmente, 10 μm a 20 μm), preferencialmente, 2 nm a 18 μm (por exemplo, 20 nm a 18 μm , preferencialmente, 15 μm a 18 μm). O tamanho de partícula d_{90} é maior do que o tamanho de partícula d_{50} . O d_{90} pode ser medido por um Malvern Mastersizer 2000 com o método de dispersão de luz.

[0077] Pode ser preferencial, particularmente quando o dispositivo de controle de emissões compreende uma camada de espuma sólida para capturar platina volatilizada (Pt), que o material particulado tenha um tamanho de partícula d_{90} de 10 μm a 20 μm , preferencialmente, 15 μm a 18 μm .

[0078] Uma suspensão do material particulado, particularmente quando o material particulado tem um tamanho de partícula mediano maior, pode ser moída para atingir o tamanho de partícula mediano desejado. Boas espumas podem ser obtidas com distribuições de tamanho de partícula estreita ou ampla.

[0079] Materiais particulados que tenham sido submetidos a pré-tratamento com um modificador de superfície podem ser usados, incluindo materiais particulados que tenham sido pré-tratados com um anfífilo.

[0080] No método de formação de espuma direto acima, a etapa (i) pode compreender preparar uma suspensão de um material particulado em um meio aquoso (por exemplo, líquido) que contém um anfífilo.

[0081] O anfífilo é composto que compreende uma parte de cauda acoplada a um grupo de cabeça. A parte de cauda pode, em geral, ser descrita como não polar e pode ser alifática (linear alquil ou cicloalquil) ou aromático (fenil ou naftil) e pode transportar um ou mais substituintes. Tais substituintes podem ser um grupo alquil, por exemplo, $-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ com $n < 8$, um grupo aril (tal como fenil ou fenil substituído), $-\text{OH}$, ou $-\text{NH}_2$. Partes de cauda

preferenciais são, opcionalmente, cadeias de carbono lineares substituídas que compreendem 2 a 8 átomos de carbono. O grupo de cabeça que é acoplado à parte de cauda é, preferencialmente, um grupo iônico ou polar e pode ser selecionado a partir de fosfatos, fosfanatos, fosfinatos, sulfatos, sulfonatos, carboxilatos (isto é, COOH), ésteres de carboxilato, ésteres de galato, amidas, aminas que incluem aminas cíclicas, e -OH.

[0082] Exemplos de anfífilos adequados incluem, porém, sem limitações, ácidos carboxílicos, derivados de fenóis, tal como fenóis alquil-substituídos, derivados de éster de ácido gálico (3,4,5-trihidroxibenzoato), derivados de catecol (por exemplo, alquil-catecóis), aminas (por exemplo, aminas alquil-substituídas e catecolaminas), e aminoácidos.

[0083] São anfífilos particularmente preferenciais ácidos carboxílicos C₂-C₆ e ésteres dos mesmos, tais como ácido valérico, ácido butírico e ácido propiônico, e ésteres de galato C₂-C₆ tais como galato de propila. Além disso, foi constatado que espumas particularmente estáveis podem ser preparadas com o uso de aminoácidos, especialmente alfa-aminoácidos, em que o grupo amino é ligado a um átomo de carbono adjacente ao grupo de cabeça carboxilato. Alfa-aminoácidos preferenciais incluem um ou mais de valina, isoleucina, leucina, fenil alanina e triptofano. Metionina pode ser usada onde o teor de enxofre da espuma resultante pode ser tolerado. Alfa-aminoácidos menos preferenciais incluem alanina e tirosina. Anfífilos de alfa-aminoácido particularmente preferenciais incluem um ou mais de leucina, isoleucina e fenilalanina. Formas D, L ou DL de cada um podem ser usadas. Um aminoácido especialmente adequado é fenil alanina. DL-fenil alanina pode ser usada.

[0084] O pH da suspensão pode ser ajustado antes do anfífilo ser incluído, embora possa não ser necessário. Por exemplo, o pH pode ser ajustado para um pH em que a carga de superfície do material particulado é alta o suficiente para estabilização eletrostática, ou em que a solubilidade do

anfífilo seja aumentada.

[0085] Dependendo da carga da superfície a ser revestida, qualquer um dentre um grupo de cabeça carregado negativamente ou carregado positivamente pode ser escolhido. Para Al_2O_3 , um grupo de cabeça carregado negativamente é adequado em condições de pH baixo, isto é, pH inferior ao ponto isoelétrico, aqui $\text{pH} < 9$, em particular pH 4 a 5. Os acima mencionados grupos de cabeça e grupos similares adicionais podem ser usados para modificar uma ampla variedade de partículas cerâmica, em particular óxidos de metal.

[0086] Modificação de superfície pode ser obtida através da adsorção física ou química de moléculas de anfífilo carregadas negativa ou positivamente sobre uma superfície adequada, preferencialmente, uma superfície carregada opostamente que deixa a cauda hidrofóbica em contato com a fase aquosa. Para partículas de alumina carregadas positivamente, a adsorção pode ser realizada com ácidos carboxílicos em água em pH 4,75. Mudando-se o grupo de cabeça polar de ancoragem do anfífilo, a superfície de alumina também pode ser modificada em condições de pH neutro com o uso de, por exemplo, galatos de alquila como molécula de adsorção. Esse anfífilo também pode ser usado para liofilizar a superfície de uma variedade de outros óxidos anforéticos e básicos. Alternativamente, a superfície de óxidos similares a acídicos tais como sílica, carboneto de silício e nitreto de silício pode ser liofilizada com o uso de anfífilos de grupo de cabeça que contém amina.

[0087] Para a liofilização *in situ* de partículas, o anfífilo pode ser aplicado em quantidades de menos do que 15% em peso das partículas, preferencialmente, em quantidades de $< 5\%$ em peso. A quantidade mínima de anfífilo que deve estar presente pode ser cerca de 0,1%, preferencialmente, cerca de 1% em peso. Quantidades na faixa 0,02 a 2 mmol/g de sólidos de anfífilo podem ser usadas. Uma vez que o anfífilo, além de outros

ingredientes da suspensão, também influenciam a viscosidade da espuma, a quantidade real de modificador usada é escolhida dependendo da viscosidade final desejada.

[0088] O material particulado atua tipicamente como um estabilizador de espuma.

[0089] Foi constatado que materiais particulados com formatos diferentes podem ser usados como estabilizadores de espuma, isto é, as partículas de cerâmica podem ser esféricas, placas poligonais, agulhas, fibras, bastões, cristais únicos etc., desde que seu tamanho de partícula esteja dentro de dimensões adequadas. As próprias partículas podem ser densas, isto é, não porosas, ou porosas, ou misturas de partículas densas e porosas podem ser usadas.

[0090] Tipicamente, a espuma estabilizada por partículas contém bolhas que têm um diâmetro, preferencialmente, um diâmetro médio, de 1 μm a 1 mm, preferencialmente, de 10 μm a 300 μm . O diâmetro e o diâmetro médio das bolhas podem ser determinados por microscopia óptica.

[0091] Após a etapa (c) do método, algumas das bolhas na espuma estabilizada por partículas podem colapsar ou colapsar parcialmente.

[0092] Tipicamente, após a etapa (c), pelo menos 5%, 10%, 20%, 30%, 40% ou 50% das bolhas da espuma estabilizada por partículas são colapsadas. Adicional ou alternativamente, após a etapa (c) pelo menos 60%, 70%, 80%, 90% ou 95% das bolhas da espuma estabilizada por partículas são substancialmente colapsadas.

[0093] A densidade da espuma é tipicamente de 0,1 a 1,2 g/ml.

[0094] A espuma compreende um material particulado. O material particulado pode ser um material cerâmico, um material catalítico ou um material sorvente. O termo "sorvente" nesse contexto inclui mecanismos de armazenamento "adsorventes" e "absorventes" (por exemplo, para NO_x ou hidrocarbonetos). O sorvente pode, por exemplo, ser (i) um metal alcalino-

terroso (por exemplo, Ca, Mg, Ba, Sr) ou um óxido, hidróxido ou carbonato dos mesmos ou (ii) um absorvente de hidrocarboneto, tal como um zeólito, preferencialmente, um zeólito trocado não de metal de transição.

[0095] A espuma estabilizada por partícula pode ser preparada com o uso de uma suspensão de um pó que compreende, ou que consiste essencialmente em, um material cerâmico, um material catalítico, um material sorvente ou um precursor para os mesmos. A espuma também pode ser preparada com o uso de um pó de metal.

[0096] O material particulado pode ser um material cerâmico e/ou um material catalítico, preferencialmente, um material catalítico.

[0097] O material cerâmico pode compreender, ou consistir essencialmente em, um óxido refratário, um composto cerâmico (por exemplo, SiC), um aluminato de metal, uma peneira molecular (por exemplo, um zeólito) ou uma mistura de dois ou mais dos mesmos. O material cerâmico é tipicamente adequado para use como um material de sustentação, tal como para um metal cataliticamente ativo ou um sorvente. A camada de espuma sólida que compreende o material cerâmico pode ser tratada com um metal cataliticamente ativo ou sorvente em uma etapa de processamento subsequente (por exemplo, por uma etapa de impregnação).

[0098] O óxido refratário pode ser selecionado a partir do grupo que consiste em alumina, sílica, titânia, magnésia, zircônia, céria, lantânia e uma mistura ou óxido composto de dois ou mais dos mesmos. O óxido refratário pode, por exemplo, ser selecionado a partir do grupo que consiste em óxido de alumina, sílica, titânia, zircônia, céria, sílica-alumina, titânia-alumina, zircônia-alumina, céria-alumina, titânia-sílica, zircônia-sílica, zircônia-titânia, céria-zircônia, céria-zircônia-alumina e alumina-magnésio.

[0099] O material catalítico compreende, tipicamente, um metal cataliticamente ativo sustentado em um material de sustentação. Quando o material de sustentação compreende uma peneira molecular, tal como um

zeólito, então, o metal ativo catalítico pode ser sustentado na peneira molecular ou zeólito como uma peneira molecular ou zeólito de metal trocado.

[00100] Em geral, o metal cataliticamente ativo é pelo menos um metal de transição selecionado a partir de ferro, cobre, níquel, ouro, platina, paládio, ródio e rutênio.

[00101] O material de sustentação é, tipicamente, um óxido refratário, um aluminato de metal ou uma peneira molecular (por exemplo, zeólito) como definido acima. O teor de metal de transição e de metal precioso em tais catalisadores pode ser de até 85% em peso, mas é, preferencialmente, na faixa 0,1 a 35% em peso.

[00102] Quando o material particulado compreende um material catalítico, então, preferencialmente, o carregamento do metal cataliticamente ativo, preferencialmente, o metal de transição, é de 3,533 a 10,599 g.m⁻³ (0,1 a 300 g.ft⁻³), preferencialmente, a partir de 17,66 a 10.599 g.m⁻³ (0,5 a 300 g.ft⁻³).

[00103] O material sorvente compreende, tipicamente, um material de armazenamento de NO_x ou um absorvente de hidrocarboneto. O absorvente de hidrocarboneto é, tipicamente, um zeólito, preferencialmente, um zeólito trocado não de metal de transição.

[00104] Em geral, o material de armazenamento de NO_x compreende, ou consiste essencialmente em, um componente de armazenamento de NO_x sustentado em um material de sustentação. Tipicamente, o componente de armazenamento de NO_x é um metal alcalino (por exemplo, potássio (K), sódio (Na) ou lítio (Li), preferencialmente, potássio (K)), um metal alcalino-terroso (por exemplo, magnésio (Mg), cálcio (Ca), estrôncio (Sr) ou bário (Ba), preferencialmente, bário (Ba)), um metal de terra rara (por exemplo, cério (Ce), lantânio (La) ou ítrio (Y), preferencialmente, cério (Ce)) ou um óxido, um carbonato ou um hidróxido dos mesmos. O material de sustentação pode

ser um óxido refratário como definido acima ou um aluminato de metal.

[00105] O material cerâmico e/ou o material catalítico podem ser adequados para uso em um dispositivo de controle de emissões que é um catalisador de três vias (TWC), um catalisador de oxidação de diesel (DOC), um catalisador absorvedor de NO_x (NAC), um catalisador de deslizamento de amônio (ASC), um catalisador de redução catalítica seletiva (SCR), um filtro de partículas catalisado (gasolina e diesel) ou um catalisador em um filtro de SCR (SCRTM).

[00106] A espuma estabilizada por partículas pode ter um teor de sólidos de 1 a 50%, 2 a 45%, 3 a 45%, 3 a 35% ou 5 a 30% em peso, mais preferencialmente, 10 a 25% em peso. O teor de sólidos da espuma é definido como a razão de peso entre o material particulado suspenso no líquido e o peso total da suspensão (líquido + sólidos) antes do processo de formação de espuma.

[00107] Após realizar a etapa (c) do método da invenção, uma camada de espuma sólida disposta ou sustentada no substrato é obtida. A invenção também se refere a um dispositivo de controle de emissões que compreende uma camada de espuma sólida disposta ou sustentada no substrato. A camada de espuma sólida compreende, tipicamente, o material particulado. O material particulado pode compreender um material catalítico. A camada de espuma sólida é descrita adicionalmente abaixo.

[00108] A camada de espuma sólida pode ser disposta ou sustentada diretamente no substrato (isto é, a camada de espuma sólida fica em contato direto com uma superfície do substrato) e/ou a camada de espuma sólida pode ser disposta em uma camada, tal como uma camada obtida a partir de uma camada de recobrimento.

[00109] Quando a camada de espuma sólida é disposta ou sustentada diretamente no substrato, a camada de espuma sólida fica localizada substancialmente nas paredes dos canais. A expressão "localizada

substancialmente nas paredes dos canais" significa que < 50%, preferencialmente, < 75% (por exemplo, < 90%) da camada de espuma sólida estão localizados sobre as paredes dos canais, não dentro das paredes dos canais (isto é, dentro dos poros das paredes de canal). No entanto, é reconhecido que uma quantidade menor da espuma pode migrar ou difundir para dentro das paredes.

[00110] Em geral, a camada de espuma sólida compreende uma estrutura de célula aberta. O termo "estrutura de célula aberta" como usado no presente documento significa que uma proporção do volume de célula é interconectada. Tipicamente mais do que 20% do volume de célula, preferencialmente, mais do que 30%, 40% ou 50% do volume de célula, é interconectado. Pode haver um trajeto de fluxo aberto através da estrutura de célula aberta da camada de espuma sólida. Em uma estrutura de célula aberta, bolsas de gás se conectam entre si.

[00111] A camada de espuma sólida pode ter um diâmetro de poro mediano de 1 a 100 µm, preferencialmente, 5 a 80 µm.

[00112] A camada de espuma sólida compreende, em geral, bolhas ou estruturas semelhantes a bolha que têm uma distribuição de tamanho na faixa de 5 µm a 500 µm, 50 µm a 250 µm, 50 µm a 200 µm ou 5 µm a 140 µm. A distribuição de tamanho pode ser medida com o uso de SEM.

[00113] A camada de espuma sólida pode compreender uma estrutura parcialmente colapsada. Pelo menos 5%, 10%, 20%, 30%, 40% ou 50% da camada de espuma sólida podem ter uma estrutura colapsada. A camada de espuma sólida pode ter uma estrutura substancialmente colapsada. Assim, pelo menos 60%, 70%, 80%, 90%, ou 95% da camada de espuma sólida tem uma estrutura colapsada.

[00114] Tipicamente, a espessura da camada de espuma sólida não é superior a 500 µm, 400 µm, 350 µm, 300 µm, 200 µm, 160 µm ou 150 µm.

[00115] Quando a camada de espuma sólida compreende uma estrutura

parcialmente colapsada, então, a espessura da camada densa (por exemplo, a parte colapsada da camada de espuma sólida) é entre 2 μm a 400 μm , 5 μm a 300 μm , 10 μm a 200 μm ou 20 μm a 150 μm .

[00116] O dispositivo de controle de emissões pode ter um carregamento de camada de recobrimento ou um carregamento de impregnação (por exemplo, de material ativo cataliticamente ou sorvente) sobre e/ou dentro do substrato para cada camada ou para a combinação de duas ou mais camadas é cerca de 0,0061 g/cm^3 (0,1 g/in^3) a cerca de 0,488 g/cm^3 (8 g/in^3), mais preferencialmente, cerca de 0,0305 g/cm^3 (0,5 g/in^3) a cerca de 0,0366 g/cm^3 (6 g/in^3), e, ainda mais preferencialmente, cerca de 0,061 g/cm^3 (1 g/in^3) a cerca de 0,244 g/cm^3 (4 g/in^3).

[00117] Pode ser preferencial que o carregamento de camada de recobrimento ou o carregamento de impregnação sobre e/ou dentro do substrato para cada camada ou para a combinação de duas ou mais camadas seja $\geq 0,061 \text{ g}/\text{cm}^3$ (1,00 g/in^3), tal como $\geq 0,0732 \text{ g}/\text{cm}^3$ (1,2 g/in^3), $\geq 0,0915 \text{ g}/\text{cm}^3$ (1,5 g/in^3), $\geq 0,1037 \text{ g}/\text{cm}^3$ (1,7 g/in^3) ou $\geq 0,122 \text{ g}/\text{cm}^3$ (2,00 g/in^3) (por exemplo, cerca de 0,0915 g/cm^3 (1,5 g/in^3) a cerca de 0,061 g/cm^3 (2,5 g/in^3)).

[00118] O termo "camada de recobrimento" é um termo amplamente reconhecido na técnica e se refere à mistura de um ou mais de um material cerâmico, um material catalítico ou um material sorvente e, opcionalmente, outros materiais tais como aglutinantes, promotores ou estabilizadores.

[00119] Em geral, o carregamento de camada de recobrimento é cerca de 0,0061 a cerca de 0,122 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (0,1 a cerca de 5,0 $\text{g}\cdot\text{in}^{-3}$) (por exemplo, 0,0366 a 0,122 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (0,6 a 2,5 $\text{g}\cdot\text{in}^{-3}$) ou 0,0061 a cerca de 0,061 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (0,1 a cerca de 1,0 $\text{g}\cdot\text{in}^{-3}$), preferencialmente, de 0,0061 a 0,0366 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (0,1 a 0,6 $\text{g}\cdot\text{in}^{-3}$)).

[00120] Tipicamente, a camada de recobrimento compreende um carregamento de metal cataliticamente ativo ou componente de armazenamento de NO_x de 3,53 a 10.599 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (0,1 a 300 $\text{g}\cdot\text{ft}^{-3}$). Em outra

modalidade adicional, o metal cataliticamente ativo ou componente de armazenamento de NO_x que tem um carregamento é de 17,66 a 10.599 g.m^{-3} (0,5 a 300 g.ft^{-3}). O metal cataliticamente ativo é, tipicamente, um metal do grupo de platina (PGM), tal como platina, paládio e/ou ródio.

[00121] Substratos para uso no método da invenção e para dispositivos de controle de emissões são bem conhecidos na técnica.

[00122] Em geral, é preferencial que o substrato seja um substrato de monólito em formato de colmeia. O termo "substrato de monólito em formato de colmeia" como usado no presente documento se refere a um substrato que tem uma pluralidade de canais que se estendem longitudinalmente ao longo do comprimento do substrato, em que cada canal tem pelo menos uma extremidade aberta (isto é, para que o gás de escape flua através). Tipicamente, os canais são formados entre uma pluralidade de paredes. Os canais podem ter um corte transversal irregular e/ou um corte transversal regular. Quando os canais têm um corte transversal regular, então, o corte transversal não é limitado a um corte transversal hexagonal e pode, por exemplo, ser retangular ou quadrado.

[00123] O substrato de monólito em formato de colmeia pode ser um substrato de monólito em formato de colmeia de fluxo contínuo. Assim, o substrato de monólito em formato de colmeia pode compreender uma pluralidade de canais, que, tipicamente, se estendem através do mesmo, em que cada canal é aberto em ambas as extremidades (isto é, uma extremidade aberta na entrada e uma extremidade aberta na saída). Em geral, um substrato de monólito em formato de colmeia de fluxo contínuo é diferente para de substrato de filtro de monólito em formato de colmeia parcial. Um substrato de monólito em formato de colmeia de fluxo contínuo tipicamente não compreende um elemento de coleta, tal como uma pluralidade de desvios na pluralidade das paredes.

[00124] O substrato de monólito em formato de colmeia pode ser um

substrato de filtração de monólito em formato de colmeia, tal como um substrato de monólito em formato de colmeia de fluxo de parede. Tais substratos de monólito em formato de colmeia de filtração são capazes de prender ou remover matéria particulada (PM), tal como partículas de fuligem, em um gás de escape produzido por um motor de combustão interna, particularmente um motor de ignição por compressão (por exemplo, um motor a diesel).

[00125] Em um substrato de monólito em formato de colmeia de fluxo de parede, o substrato de monólito em formato de colmeia pode compreender uma pluralidade de canais, em que cada canal tem uma extremidade aberta e uma extremidade fechada (por exemplo, extremidade bloqueada). Cada canal é, tipicamente, separado de um canal vizinho por uma estrutura porosa (por exemplo, uma parede porosa). Em geral, cada canal que tem uma extremidade aberta em uma primeira extremidade do substrato e uma extremidade fechada (por exemplo, bloqueada) em uma segunda (isto é, oposta) extremidade do substrato é tipicamente adjacente a um canal que tem uma extremidade fechada (por exemplo, bloqueada) na primeira extremidade do substrato e uma extremidade aberta na segunda (isto é, oposta) extremidade do substrato. Quando a primeira extremidade do substrato é arranjada para ser uma extremidade a montante, então, (i) cada canal que tem uma extremidade aberta na primeira extremidade do substrato e uma extremidade fechada na segunda extremidade do substrato é um canal de entrada, e (ii) cada canal que tem uma extremidade fechada na primeira extremidade do substrato e uma extremidade aberta na segunda extremidade do substrato é um canal de saída. É preferencial que cada canal de entrada seja separado alternadamente de um canal de saída pela estrutura porosa (por exemplo, uma parede porosa) e vice versa. Assim, um canal de saída é vertical e lateralmente adjacente a um canal de entrada e vice-versa. A comunicação fluida entre os canais de entrada e os canais de saída é por meio da estrutura porosa (por exemplo, parede porosa)

do substrato. Quando visualizado a partir de qualquer extremidade, as extremidades alternadamente fechadas (por exemplo, bloqueada) e abertas dos canais assumem a aparência de um tabuleiro de xadrez.

[00126] O substrato pode ser um substrato de filtro parcial (consultar, por exemplo, os substratos de filtro parciais revelados nos Documentos nºs WO01/80978 ou EP1057519). Tipicamente, um substrato de filtro parcial tem um elemento de coleta (por exemplo, para matéria particulada, tal como partículas de fuligem) e uma pluralidade de canais (isto é, para que gás de escape flua através do mesmo), em que cada canal tem pelo menos uma extremidade aberta (preferencialmente cada canal tem duas extremidades abertas (isto é, cada canal tem ambas as extremidades abertas)). Em geral, o substrato de filtro parcial tem uma pluralidade de paredes que definem os limites dos canais. Tipicamente, o elemento de coleta é uma pluralidade de desvios na pluralidade das paredes. Cada parede pode ter nenhum desvio ou um ou mais desvios. Cada desvio atua como uma obstrução para qualquer matéria particulada no gás de escape que flui através do substrato. Cada desvio pode ter uma aba ou um formato semelhante a aba e, tipicamente, cada desvio se projeta para fora a partir de (por exemplo, em um ângulo) o plano da parede. É preferencial que cada desvio seja combinado com uma abertura em uma parede do substrato. Cada abertura em uma parede permite que o gás de escape flua a partir de um canal para um canal vizinho.

[00127] Em geral, o substrato é um material cerâmico ou um material metálico. Quando o substrato é um material cerâmico, então, tipicamente, o material cerâmico pode ser selecionado a partir do grupo que consiste em carboneto de silício (SiC), nitreto de alumínio, nitreto de silício, titanato de alumínio, alumina, cordierita ($\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$), mulita, polucita e um metalo-cerâmico tratado termicamente (por exemplo, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$ ou $\text{B}_4\text{C}/\text{Fe}$, ou compósitos que compreendem segmentos de quaisquer dois ou mais dos mesmos). Quando o substrato é um material metálico, então,

tipicamente o material metálico é selecionado a partir do grupo que consiste em liga de Fe-Cr-Al, liga de Ni-Cr-Al e uma liga de aço inoxidável.

[00128] Os inventores desenvolveram duas modalidades vantajosas do dispositivo de controle de emissões da invenção que compreende uma camada de espuma sólida.

[00129] Em uma primeira modalidade de dispositivo de controle de emissões, o dispositivo de controle de emissões é um catalisador de SCR. A camada de espuma sólida compreende um material particulado, que é uma formulação de catalisador de SCR com base em óxido de metal, uma peneira molecular com base em formulação de catalisador de SCR ou mistura dos mesmos. Tais formulações de catalisador de SCR são conhecidas na técnica.

[00130] A formulação de catalisador de SCR com base em óxido de metal compreende, tipicamente, vanádio ou tungstênio ou uma mistura dos mesmos sustentada em um óxido refratário. O óxido refratário pode ser selecionado a partir do grupo que consiste em alumina, sílica, titânia, zircônia, céria e combinações dos mesmos.

[00131] Pode ser preferencial que a formulação de catalisador de SCR com base em óxido de metal compreenda, ou consista essencialmente em, um óxido de vanádio (por exemplo, V_2O_5) e/ou um óxido de tungstênio (por exemplo, WO_3) sustentado em um óxido refratário selecionado a partir do grupo que consiste em titânia (por exemplo, TiO_2), céria (por exemplo, CeO_2), e uma mistura ou composto de óxido de cério e zircônio (por exemplo, $Ce_xZr_{(1-x)}O_2$, em que $x = 0,1$ a $0,9$, preferencialmente, $x = 0,2$ a $0,5$).

[00132] Quando o óxido refratário é titânia (por exemplo, TiO_2), então, preferencialmente, a concentração do óxido de vanádio é de 0,5 a 6% em peso (por exemplo, da formulação de SCR com base em óxido de metal) e/ou a concentração do óxido de tungstênio (por exemplo, WO_3) é de 5 a 20% em peso. Mais preferencialmente, o óxido de vanádio (por exemplo, V_2O_5) e o óxido de tungstênio (por exemplo, WO_3) são sustentados em titânia (por

exemplo, TiO_2).

[00133] Quando o óxido refratário é céria (por exemplo, CeO_2), então, preferencialmente, a concentração do óxido de vanádio é de 0,1 a 9% em peso (por exemplo, da formulação de SCR com base em óxido de metal) e/ou a concentração do óxido de tungstênio (por exemplo, WO_3) é de 0,1 a 9% em peso.

[00134] Em geral, é preferencial que a formulação de catalisador de SCR com base em óxido de metal compreenda, ou consista essencialmente em, um óxido de vanádio (por exemplo, V_2O_5) e, opcionalmente, um óxido de tungstênio (por exemplo, WO_3), sustentado em titânia (por exemplo, TiO_2).

[00135] A primeira composição de redução catalítica seletiva pode compreender, ou consistir essencialmente em, uma peneira molecular com base em formulação de catalisador de SCR. A peneira molecular com base em formulação de catalisador de SCR compreende uma peneira molecular, que é, opcionalmente, uma peneira molecular de metal de transição trocado. É preferencial que a formulação de catalisador de SCR compreenda uma peneira molecular de metal de transição trocado.

[00136] Em geral, a peneira molecular com base em formulação de catalisador de SCR pode compreender uma peneira molecular que tem uma estrutura de aluminossilicato (por exemplo, zeólito), uma estrutura de aluminofosfato (por exemplo, AlPO), uma estrutura de silicoaluminofosfato (por exemplo, SAPO), um framework de aluminossilicato que contém heteroátomo, um framework de aluminofosfato que contém heteroátomo (por exemplo, MeAlPO , em que Me é um metal), ou um framework de silicoaluminofosfato que contém heteroátomo (por exemplo, MeAPSO , em que Me é um metal). O heteroátomo (isto é, em um framework que contém heteroátomo) pode ser selecionado a partir do grupo que consiste em boro (B), gálio (Ga), titânio (Ti), zircônio (Zr), zinco (Zn), ferro (Fe), vanádio (V) e combinações de quaisquer dois ou mais dos mesmos. É preferencial que o

heteroátomo seja um metal (por exemplo, cada uma das estruturas acima que contém heteroátomo pode ser um framework que contém metal).

[00137] É preferencial que a peneira molecular com base em formulação de catalisador de SCR compreenda, ou consista essencialmente em, uma peneira molecular que tem um framework de aluminossilicato (por exemplo, zeólito) ou um framework de silicoaluminofosfato (por exemplo, SAPO). Mais preferencialmente, a peneira molecular tem um framework de aluminossilicato (por exemplo, zeólito).

[00138] Quando a peneira molecular tem um framework de aluminossilicato (por exemplo, a peneira molecular é um zeólito), então, tipicamente, a peneira molecular tem uma razão molar entre sílica e alumina (SAR) de 5 a 200 (por exemplo, 10 a 200), preferencialmente, 10 a 100 (por exemplo, 10 a 30 ou 20 a 80), tal como 12 a 40, mais preferencialmente, 15 a 30.

[00139] Tipicamente, a peneira molecular é microporosa. Uma peneira molecular microporosa tem poros com um diâmetro de menos do que 2 nm (por exemplo, de acordo com a definição IUPAC de "microporosa" [consultar *Pure & Appl. Chem.*, 66(8), (1994), 1739 a 1758]).

[00140] A peneira molecular com base em formulação de catalisador de SCR pode compreender uma peneira molecular de poro pequeno (por exemplo, uma peneira molecular que tenha um tamanho máximo de anel de oito átomos tetraédricos), uma peneira molecular de poro médio (por exemplo, uma peneira molecular que tenha um tamanho máximo de anel de dez átomos tetraédricos) ou uma peneira molecular de poro grande (por exemplo, uma peneira molecular que tenha um tamanho máximo de anel de doze átomos tetraédricos) ou uma combinação de duas ou mais das mesmas.

[00141] Quando a peneira molecular é uma peneira molecular de poro pequeno, então, a peneira molecular de poro pequeno pode ter uma estrutura de framework representada por um Código de Tipo de Framework (FTC)

selecionado a partir do grupo que consiste em ACO, AEI, AEN, AFN, AFT, AFX, ANA, APC, APD, ATT, CDO, CHA, DDR, DFT, EAB, EDI, EPI, ERI, GIS, GOO, IHW, ITE, ITW, LEV, KFI, MER, MON, NSI, OWE, PAU, PHI, RHO, RTH, SAT, SAV, SIV, THO, TSC, UEI, UFI, VNI, YUG e ZON, ou uma mistura e/ou um intercrescimento de dois ou mais dos mesmos. Preferencialmente, a peneira molecular de poro pequeno tem uma estrutura de framework representada por um FTC selecionado a partir do grupo que consiste em CHA, LEV, AEI, AFX, ERI, SFW, KFI, DDR e ITE. Mais preferencialmente, a peneira molecular de poro pequeno tem uma estrutura de framework representada por um FTC selecionado a partir do grupo que consiste em CHA e AEI. A peneira molecular de poro pequeno pode ter uma estrutura de framework representada pelo FTC CHA. A peneira molecular de poro pequeno pode ter uma estrutura de framework representada pelo FTC CHA. Quando a peneira molecular de poro pequeno é um zeólito e tem um framework representado pelo FTC CHA, então, o zeólito pode ser chabazita.

[00142] Quando a peneira molecular é uma peneira molecular de poro médio, então, a peneira molecular de poro médio pode ter uma estrutura de framework representada por um Código de Tipo de Framework (FTC) selecionado a partir do grupo que consiste em AEL, AFO, AHT, BOF, BOZ, CGF, CGS, CHI, DAC, EUO, FER, HEU, IMF, ITH, ITR, JRY, JSR, JST, LAU, LOV, MEL, MFI, MFS, MRE, MTT, MVY, MWW, NAB, NAT, NES, OBW, -PAR, PCR, PON, PUN, RRO, RSN, SFF, SFG, STF, STI, STT, STW, -SVR, SZR, TER, TON, TUN, UOS, VSV, WEI e WEN, ou uma mistura e/ou um intercrescimento de dois ou mais dos mesmos. Preferencialmente, a peneira molecular de poro médio tem uma estrutura de framework representada por um FTC selecionado a partir do grupo que consiste em FER, MEL, MFI e STT. Mais preferencialmente, a peneira molecular de poro médio tem uma estrutura de framework representada por um FTC selecionado a partir do grupo que consiste em FER e MFI. Quando a peneira molecular de

poro médio é um zeólito e tem um framework representado pelo FTC FER ou MFI, então, o zeólito pode ser ferrierita, silicalita ou ZSM-5.

[00143] Quando a peneira molecular é uma peneira molecular de poro grande, então, a peneira molecular de poro grande pode ter uma estrutura de framework representada por um Código de Tipo de Framework (FTC) selecionado a partir do grupo que consiste em AFI, AFR, AFS, AFY, ASV, ATO, ATS, BEA, BEC, BOG, BPH, BSV, CAN, CON, CZP, DFO, EMT, EON, EZT, FAU, GME, GON, IFR, ISV, ITG, IWR, IWS, IWV, IWW, JSR, LTF, LTL, MAZ, MEI, MOR, MOZ, MSE, MTW, NPO, OFF, OKO, OSI, -RON, RWY, SAF, SAO, SBE, SBS, SBT, SEW, SFE, SFO, SFS, SFV, SOF, SOS, STO, SSF, SSY, USI, UWY e VET, ou uma mistura e/ou um intercrescimento de dois ou mais dos mesmos. Preferencialmente, a peneira molecular de poro grande tem uma estrutura de framework representada por um FTC selecionado a partir do grupo que consiste em AFI, BEA, MAZ, MOR e OFF. Mais preferencialmente, a peneira molecular de poro grande tem uma estrutura de framework representada por um FTC selecionado a partir do grupo que consiste em BEA, MOR e MFI. Quando a peneira molecular de poro grande é um zeólito e tem um framework representado pelo FTC BEA, FAU ou MOR, então, o zeólito pode ser um beta zeólito, faujasita, zeólito Y, zeólito X ou mordenita.

[00144] Em geral, é preferencial que a peneira molecular seja peneira molecular de poro pequeno.

[00145] A peneira molecular com base em formulação de catalisador de SCR compreende, preferencialmente, uma peneira molecular de metal de transição trocado. O metal de transição pode ser selecionado a partir do grupo que consiste em cobalto, cobre, ferro, manganês, níquel, paládio, platina, rutênio e rênio. É preferencial que o metal de transição seja selecionado a partir do grupo que consiste em cobre e ferro.

[00146] O metal de transição pode ser ferro. Uma vantagem de

formulações de catalisador de SCR que contêm uma peneira molecular de ferro trocado é que tais formulações têm excelente atividade de redução de NO_x em uma temperatura mais alta do que, por exemplo, uma peneira molecular de cobre trocado. Uma peneira molecular de ferro trocado também pode gerar uma quantidade mínima de N_2O (comparada a outros tipos de formulação de catalisador de SCR).

[00147] O metal de transição pode ser cobre. Uma vantagem de formulações de catalisador de SCR que contém uma peneira molecular de cobre trocado é que tais formulações têm excelente atividade de redução de NO_x em temperatura baixa (por exemplo, a mesma pode ser superior à atividade de redução de NO_x em temperatura baixa de uma peneira molecular de ferro trocado).

[00148] O metal de transição pode estar presente em um local extra de framework na superfície externa da peneira molecular ou dentro de um canal, cavidade ou gaiola da peneira molecular.

[00149] Como descrito acima, o aumento de carregamentos de material catalítico pode trazer um aumento indesejável em contrapressão do filtro. Por exemplo, catalisadores de redução catalítica seletiva (SCR) podem incluir $\text{V}_2\text{O}_5/\text{WO}_3/\text{TiO}_2$ e zeólitos de metal de transição trocado tais como zeólito Fe/Beta ou Cu/CHA. Uma dificuldade particular para produzir tais produtos é equilibrar os requisitos concorrentes de atividade de retenção de catalisador em uma contrapressão aceitável. Embora seja possível combater algumas das dificuldades concomitantes com o uso de substratos de filtro de porosidade mais alta, tais substratos são mais frágeis e mais difíceis para manusear. Um meio alternativo de evitar contrapressão inaceitável é limitar a quantidade de material catalítico. No entanto, diminuir a quantidade de catalisador de SCR resulta em capacidade de conversão de NO_x e de armazenamento de NH_3 inferior, que é importante para conversão NO_x em temperatura inferior.

[00150] Além disso, arranjos de catalisador em múltiplas camadas

muito complicados tais como DOCs e NACs podem ser revestidos em um monólito de substrato de fluxo contínuo. Embora seja possível revestir uma superfície de um monólito de filtro, por exemplo, uma superfície de canal de entrada de um filtro de parede de fluxo, com mais do que uma camada de composição de catalisador, uma questão com monólitos de filtragem de revestimento é evitar aumento desnecessário de contrapressão, quando em uso, sobrecarregando-se o monólito de filtro com camada de recobrimento de catalisador restringindo, desse modo, a passagem de gás através do mesmo. Consequentemente, embora revestir uma superfície de um monólito de substrato de filtro sequencialmente com uma ou mais camadas de catalisador diferentes não seja impossível, é mais comum que composições de catalisador diferente sejam segregadas ou em zonas, por exemplo, zonas de metade dianteira e traseira segregadas axialmente de um monólito de filtro, ou, de outro modo, revestindo-se um canal de entrada de um monólito de substrato de filtro de parede de fluxo com uma primeira composição de catalisador e um canal de saída do mesmo com uma segunda composição de catalisador.

[00151] Foi constatado que revestir o substrato com uma espuma estabilizada por partículas pode reduzir a contrapressão normalmente associada com o mesmo substrato revestido com o uso de uma camada de recobrimento que tenha uma composição similar. O revestimento de espuma descrito no presente documento permite a formação de uma camada de recobrimento permeável e minimiza o impacto de contrapressão de aumentar o carregamento de camada de recobrimento permitindo, desse modo, mais revestimento de catalisador em uma contrapressão aceitável. Essa camada de espuma também impede que fuligem entre na parede do filtro ou em outros substratos e minimiza o impacto de fuligem na contrapressão.

[00152] Quando o dispositivo de controle de emissões é um catalisador de SCR, então, o substrato é, tipicamente, um substrato de monólito em formato de colmeia, que é, preferencialmente, um substrato de monólito em

formato de colmeia de fluxo contínuo ou um substrato de monólito em formato de colmeia de fluxo de parede, mais preferencialmente, um substrato de monólito em formato de colmeia de fluxo de parede.

[00153] O substrato pode ser um monólito de fluxo contínuo de cordierita, um monólito de fluxo contínuo metálico, um filtro de partículas de cordierita, um filtro de partículas de carboneto de silício ou um filtro de partículas de titanato de alumínio.

[00154] Quando o substrato é um substrato de monólito em formato de colmeia de fluxo de parede, tal como um filtro de partículas, então, tipicamente o substrato tem uma porosidade de 40 a 70%, preferencialmente, 45 a 65%, tal como 50 a 65% (por exemplo, 55 a 65%). Adicional ou alternativamente, o substrato pode ter um tamanho de poro médio de 8 a 45 μm , preferencialmente, 10 a 30 μm (por exemplo, 10 a 25 μm), particularmente 15 a 25 μm . Tamanho de poro médio pode ser determinado por porosimetria de mercúrio.

[00155] Em uma segunda modalidade de dispositivo de controle de emissões, o dispositivo de controle de emissões compreende um substrato e uma camada de espuma sólida para capturar platina volatilizada (Pt). A camada de espuma sólida, preferencialmente, tem uma estrutura de célula aberta.

[00156] A camada de espuma sólida para capturar platina (Pt) volatilizada compreende, ou consiste essencialmente em, um material de captura. O material particulado é tipicamente o material de captura. Materiais de captura adequados são descritos nos Documentos n^{os} WO 2013/088133, WO 2013/088132, WO 2013/088128, WO 2013/050784 e WO 2016/128720 (Todos os quais são incorporados ao presente documento a título de referência).

[00157] O material de captura compreende ou consiste essencialmente em:

(a) partículas de um óxido refratário, preferencialmente, partículas de um óxido refratário que tem uma área de superfície específica média \leq cerca de $50 \text{ m}^2/\text{g}$, e/ou

(b) partículas de um metal de liga de Pt, preferencialmente, partículas de um metal de liga de Pt que tem um tamanho de partícula médio \geq cerca de 10 nm e/ou uma dispersão de \leq cerca de 10% .

[00158] Tipicamente, a camada de espuma sólida para capturar platina (Pt) volatilizada ou o material de captura da mesma compreende um carregamento das partículas do óxido refratário de $0,0061$ a $0,2135 \text{ g cm}^{-3}$ ($0,1$ a $3,5 \text{ g.in}^{-3}$), preferencialmente, $0,0122$ a $0,1525 \text{ g cm}^{-3}$ ($0,2$ a $2,5 \text{ g.in}^{-3}$), ainda mais preferencialmente, $0,0183$ a $0,122 \text{ g cm}^{-3}$ ($0,3$ a $2,0 \text{ g.in}^{-3}$), e, ainda mais preferencialmente, $0,0305$ a $0,10675 \text{ g cm}^{-3}$ ($0,5$ a $1,75 \text{ g.in}^{-3}$) (por exemplo, $0,04575$ a $0,0915 \text{ g cm}^{-3}$ ($0,75$ a $1,5 \text{ g.in}^{-3}$)).

[00159] O material de captura pode compreender, ou consistir essencialmente em, partículas de um óxido refratário que tem uma área de superfície específica média \leq cerca de $50 \text{ m}^2/\text{g}$ ($<$ cerca de $50 \text{ m}^2/\text{g}$), tal como \leq cerca de $40 \text{ m}^2/\text{g}$ ($<$ cerca de $40 \text{ m}^2/\text{g}$), preferencialmente, \leq cerca de $30 \text{ m}^2/\text{g}$ ($<$ cerca de $30 \text{ m}^2/\text{g}$), mais preferencialmente, \leq cerca de $20 \text{ m}^2/\text{g}$ ($<$ cerca de $20 \text{ m}^2/\text{g}$), ainda mais preferencialmente, \leq cerca de $10 \text{ m}^2/\text{g}$ ($<$ cerca de $10 \text{ m}^2/\text{g}$). A área de superfície específica média (SSA) das partículas do óxido refratário pode ser determinada por fisissoração de nitrogênio a -196°C com o uso do método volumétrico. A SSA média é determinada com o uso da equação isotérmica de adsorção de BET.

[00160] O óxido refratário pode ter um d_{90} de <100 microns. O óxido refratário pode, preferencialmente, ter um d_{90} de <75 microns, tal como <50 microns (por exemplo, <30 microns), e, mais preferencialmente, <20 microns.

[00161] Tipicamente, o óxido refratário tem um d_{90} de $>0,1$ microns. É preferencial que o óxido refratário tenha um d_{90} de $>1,0$ microns, tal como $>$

5,0 microns.

[00162] As partículas de um óxido refratário para uso de acordo com a segunda modalidade de dispositivo de controle de emissões da invenção têm uma área de superfície específica média relativamente baixa comparada à área de superfície específica média de partículas do mesmo óxido refratário que são usadas como um material de sustentação (por exemplo, para um metal cataliticamente ativo, tal como um metal do grupo de platina) em dispositivos de controle de emissões da técnica anterior (por exemplo, DOC, CSF ou NSC). Em geral, partículas de óxido refratário pequenas que tem uma área de superfície específica média grande são usadas para maximizar atividade catalítica. Por outro lado, as partículas do óxido refratário para usar de acordo com a invenção são relativamente grandes (isto é, em geral, muito maiores do que quando usadas como um material de sustentação em dispositivos de controle de emissões da técnica anterior).

[00163] Óxidos refratários que têm uma área de superfície específica média \leq cerca de 50 m²/g são conhecidos na técnica e podem ser disponíveis comercialmente.

[00164] O óxido refratário pode ser selecionado a partir do grupo que consiste em alumina, sílica, titânia, zircônia, céria e uma mistura ou óxido compósito dos mesmos, tal como uma mistura ou óxido compósito de dois ou mais dos mesmos. Por exemplo, o óxido refratário pode ser selecionado a partir do grupo que consiste em óxido de alumina, sílica, titânia, zircônia, céria, sílica-alumina, titânia-alumina, zircônia-alumina, céria-alumina, titânia-sílica, zircônia-sílica, zircônia-titânia, céria-zircônia e alumina-magnésio.

[00165] É preferencial que o óxido refratário seja selecionado a partir do grupo que consiste em óxido de alumina, sílica, céria, sílica-alumina, céria-alumina, céria-zircônia e alumina-magnésio. Mais preferencialmente, o óxido refratário é selecionado a partir do grupo que consiste em alumina, céria, sílica-alumina e céria-zircônia. O óxido refratário pode ser alumina ou

sílica-alumina.

[00166] Pode ser preferencial que o material de captura não compreenda um material de liga de Pt (PAM), particularmente quando o material de liga de Pt compreende paládio. Essa modalidade é denominada no presente documento como a "modalidade livre de PAM". Mais preferencialmente, o material de captura não compreende paládio e platina. É adicionalmente preferencial que o material de captura não compreenda um ou mais metais do grupo de platina (PGM) e/ou um ou mais metais de cunhagem de ouro (Au) e/ou prata (Ag). Ainda mais preferencialmente, o material de captura não compreende um ou mais metais de transição (isto é, exceto por quaisquer metais de transição que possam ser parte do óxido refratário, tal como zircônia). Em tais circunstâncias, as partículas de um óxido refratário que tem uma área de superfície específica média $\leq 50 \text{ m}^2/\text{g}$ podem ser usadas primariamente ou exclusivamente como o material de captura.

[00167] Na modalidade livre de PAM, o óxido refratário é, preferencialmente, céria, céria-alumina ou céria-zircônia. Mais, preferencialmente, o óxido refratário compreende, ou consiste essencialmente em, céria. Ainda mais preferencialmente, o óxido refratário consiste essencialmente em céria.

[00168] Adicional ou alternativamente, o material de captura pode compreender, ou consistir essencialmente em, partículas de um material de liga de Pt (PAM), tal como paládio (Pd). Modalidades da invenção em que o material de liga de Pt é incluído no material de captura são denominadas no presente documento como uma "modalidade que contém PAM".

[00169] Foi constatado que a inclusão de um material de liga de Pt (PAM) no material de captura é vantajosa devido ao fato de que o mesmo pode prontamente formar uma liga com Pt volatilizada. A formação de uma liga entre Pt e o material de liga de Pt (por exemplo, liga Pt-Pd) no material de captura prende eficazmente a Pt volatilizada devido à estabilidade da liga.

[00170] Tipicamente, o material de liga de Pt compreende, ou consiste essencialmente em, um metal e/ou um óxido da mesma. O metal é selecionado, preferencialmente, a partir do grupo que consiste em paládio (Pd); ouro (Au); cobre (Cu); uma mistura de Pd e Au; uma mistura de Pd e Cu; uma mistura de Au e Cu; uma mistura de Pd, Au e Cu; uma liga bimetalítica de Pd e Au; uma liga bimetalítica de Pd e Cu; uma liga bimetalítica de Au e Cu; e uma liga trimetalítica de Pd, Au e Cu. É preferencial que o metal seja selecionado a partir do grupo que consiste em paládio (Pd), uma mistura de Pd e Au, e uma liga bimetalítica de Pd e Au. Mais preferencialmente, o metal é paládio (Pd).

[00171] Para evitar dúvidas, o material de liga de Pt não compreende platina (por exemplo, quando novo ou sem uso).

[00172] É preferencial que as partículas do material de liga de Pt tenham um tamanho de partícula médio \geq cerca de 10 nm, tal como um tamanho de partícula médio $>$ cerca de 10 nm. Mais preferencialmente, as partículas do material de liga de Pt têm um tamanho de partícula médio \geq cerca de 15 nm, tal como \geq cerca de 20 nm, ainda mais preferencialmente, \geq cerca de 50 nm, tal como \geq cerca de 75 nm.

[00173] Em geral, um metal que pode atuar como um material de liga de Pt é incluído em um catalisador de oxidação para sua atividade catalítica. O tamanho de partícula médio de tais metais (por exemplo, paládio) em dispositivos de controle de emissões convencionais é muito menor do que 10 nm. As partículas do material de liga de Pt para uso no material de captura de acordo com a invenção são relativamente grandes. Foi constatado surpreendentemente que tais partículas grandes do material de liga de Pt são capazes de prender ou capturar Pt volatilizada embora sejam de modo catalítico relativamente inativos.

[00174] Tipicamente o material de liga de Pt tem um tamanho de partícula médio de 10 nm a 1.000 microns. É preferencial que o material de

liga de Pt tenha um tamanho de partícula médio de 15 nm a 100 microns, mais preferencialmente, 20 nm a 20 microns, particularmente 50 nm a 5 microns, tal como 75 nm a 3 microns.

[00175] As partículas das partículas de material de liga de Pt têm, tipicamente, uma dispersão de \leq cerca de 10% (por exemplo, $<$ cerca de 10%), preferencialmente, \leq cerca de 7,5%, tal como \leq cerca de 5%, mais preferencialmente, \leq cerca de 2,5%. A medição da dispersão se refere a partículas de material de liga de Pt sem uso (isto é, partículas frescas, as quais não foram submetidas a uso repetido ou prolongado).

[00176] O "tamanho de partícula médio" e a "dispersão" como usados no presente documento com referência ao material de liga de Pt podem ser determinados com o uso de métodos convencionais e como descrito no Documento nº WO 2016/128720.

[00177] Em geral, o material de captura tem um carregamento total de material de liga de Pt (por exemplo, o teor de metal o material de liga de Pt) de $3,53 \text{ g m}^{-3}$ a 1.765 g m^{-3} (1 g.ft^{-3} a 50 g.ft^{-3}), preferencialmente, $141,2 \text{ g m}^{-3}$ a 1.412 g m^{-3} (4 g.ft^{-3} a 40 g.ft^{-3}) ainda mais preferencialmente, $282,4 \text{ g m}^{-3}$ a 1.059 g m^{-3} (8 g.ft^{-3} a 30 g.ft^{-3}).

[00178] O material de liga de Pt, tal como paládio, pode ser disposto ou sustentado em um substrato (por exemplo, o material de liga de Pt é revestido diretamente sobre o substrato).

[00179] É preferencial que o material de liga de Pt seja disposto ou sustentado em um material de sustentação (por exemplo, um material de sustentação particulado). O material de liga de Pt pode ser disposto diretamente sobre o material de sustentação ou ser sustentado diretamente pelo mesmo (por exemplo, não há nenhum material de sustentação interveniente entre o material de liga de Pt e o material de sustentação). Por exemplo, o material de liga de Pt, tal como paládio, pode ser disperso em uma superfície de e/ou impregnado no material de sustentação.

[00180] Em geral, o material de sustentação compreende, ou consiste essencialmente em, um óxido refratário, tal como um óxido refratário como definido acima. É preferencial que o óxido refratário seja selecionado a partir do grupo que consiste em óxido de alumina, sílica, céria, sílica-alumina, céria-alumina, céria-zircônia e alumina-magnésio. Mais preferencialmente, o óxido refratário é selecionado a partir do grupo que consiste em alumina, céria, sílica-alumina e céria-zircônia. Ainda mais preferencialmente, o óxido refratário é alumina ou sílica-alumina, particularmente sílica-alumina.

[00181] O óxido refratário pode ser do tipo definido acima que tem uma área de superfície específica média relativamente baixa e tem partículas que são relativamente grandes.

[00182] A invenção inclui vários arranjos do material de captura em relação a um material catalítico que compreende (Pt).

[00183] Um primeiro arranjo se refere a um dispositivo de controle de emissões que compreende a camada de espuma sólida para capturar platina volatilizada (Pt), dispositivo de controle de emissões que pode compreender adicionalmente um material catalítico, em que o material catalítico compreende platina (Pt). A camada de espuma sólida é tipicamente arranjada para contatar o gás de escape após o gás de escape ter contatado ou passado através do material catalítico que compreende platina (Pt).

[00184] Um segundo arranjo se refere a um sistema de escape que compreende um primeiro dispositivo de controle de emissões a montante, preferencialmente, diretamente a montante, de um segundo dispositivo de controle de emissões (isto é, a saída do primeiro dispositivo de controle de emissões é acoplada, preferencialmente, acoplada diretamente, à entrada do segundo dispositivo de controle de emissões). O primeiro dispositivo de controle de emissões compreende um material catalítico disposto ou sustentado em um substrato. O segundo dispositivo de controle de emissões compreende a camada de espuma sólida para capturar platina (Pt) volatilizada

disposta ou sustentada em um substrato.

[00185] Para evitar dúvidas, o material de captura e o material catalítico têm composições diferentes.

[00186] Em geral, o material catalítico compreende platina (Pt) disposta ou sustentada em um material de sustentação (denominada no presente documento como o material de sustentação do material catalítico ou "material de sustentação de CM"). O material de sustentação de CM compreende, ou consiste essencialmente em, um óxido refratário (denominado no presente documento como o óxido refratário do material catalítico). As partículas do óxido refratário tipicamente têm uma área de superfície específica média $\geq 75 \text{ m}^2/\text{g}$, tal como $\geq 100 \text{ m}^2/\text{g}$, e, preferencialmente, $\geq 100 \text{ m}^2/\text{g}$.

[00187] O óxido refratário do material de sustentação de CM é selecionado, tipicamente, a partir do grupo que consiste em alumina, sílica, titânia, zircônia, céria e uma mistura ou óxido composto dos mesmos, tal como uma mistura ou óxido composto de dois ou mais dos mesmos. Por exemplo, o óxido refratário pode ser selecionado a partir do grupo que consiste em óxido de alumina, sílica, titânia, zircônia, céria, sílica-alumina, titânia-alumina, zircônia-alumina, céria-alumina, titânia-sílica, zircônia-sílica, zircônia-titânia, céria-zircônia e alumina-magnésio.

[00188] O material catalítico pode compreender um único metal do grupo de platina (PGM), o qual é platina (por exemplo, o material catalítico compreende platina como o único metal do grupo de platina).

[00189] Alternativamente, o material catalítico pode compreender (i) platina (Pt), e (ii) paládio (Pd) e/ou ródio (Rh).

[00190] Caso o material catalítico compreenda paládio (Pd), então, tipicamente o material catalítico compreende partículas de paládio (Pd) que têm um tamanho de partícula médio $< 10 \text{ nm}$, preferencialmente, $\leq 8 \text{ nm}$.

[00191] Caso o material catalítico compreenda paládio (Pd), então,

tipicamente, o material catalítico compreende partículas de paládio (Pd) que têm uma dispersão $> 10\%$, preferencialmente, $\geq 15\%$ (por exemplo, 15 a 35%), tal como $\geq 20\%$ (por exemplo, 20 a 30%).

[00192] Em geral, quando a região catalítica ou o material catalítico da mesma compreende Pt e Pd (e opcionalmente Rh), então, tipicamente a razão em massa entre Pt e Pd é $\geq 1:1$. O material catalítico pode compreender Pt e opcionalmente Pd, de modo que a razão em massa entre Pt e Pd seja de 1:0 a 1:1. É preferencial que, quando o material catalítico compreende Pt e Pd (e opcionalmente Rh), então, a razão em massa entre Pt e Pd seja $\geq 1,5:1$, mais preferencialmente, $\geq 2:1$ (por exemplo, $\geq 3:1$), ainda mais preferencialmente, $\geq 4:1$, tal como $\geq 10:1$. A razão em massa (isto é, razão de massa) entre Pt e Pd é, preferencialmente, 50:1 a 1:1, mais preferencialmente, 30:1 a 2:1 (por exemplo, 25:1 a 4:1), ainda mais preferencialmente, 20:1 a 5:1, tal como 15:1 a 7,5:1.

[00193] Em geral, quando o material catalítico compreende Pt e Rh (e opcionalmente Pd), então, tipicamente a razão em massa entre Pt e Rh é $\geq 1:1$. O material catalítico pode compreender Pt e opcionalmente Rh, de modo que a razão em massa entre Pt e Rh é de 1:0 a 1:1. Quando o material catalítico compreende Pt e Rh (e opcionalmente Pd), então, preferencialmente, a razão em massa entre Pt e Rh é $\geq 1,5:1$, mais preferencialmente, $\geq 2:1$ (por exemplo, $\geq 3:1$), ainda mais preferencialmente, $\geq 4:1$, tal como $\geq 10:1$. A razão em massa (isto é, razão de massa) entre Pt e Pd é, preferencialmente, 50:1 a 1:1, mais preferencialmente, 30:1 a 2:1 (por exemplo, 25:1 a 4:1), ainda mais preferencialmente, 20:1 a 5:1, tal como 15:1 a 7,5:1.

[00194] No primeiro arranjo, a camada de espuma sólida para capturar platina (Pt) volatilizada compreende, ou consiste essencialmente em, um material de captura poder ser:

- (a) disposto ou sustentado no material catalítico; e/ou
- (b) disposto diretamente sobre o substrato [isto é, o material de

captura fica em contato com uma superfície do substrato]; e/ou

(c) disposto em contato com o material catalítico [isto é, o material de captura é adjacente a, ou limítrofe com, o material catalítico].

[00195] A camada de espuma sólida para capturar platina (Pt) volatilizada é arranjada para contatar o gás de escape após o gás de escape ter contatado e/ou passado através do material catalítico.

[00196] Em geral, a região de camada de espuma sólida é arranjada para contatar o gás de escape conforme o mesmo sai do dispositivo de controle de emissões. O material catalítico pode ser arranjado ou orientado para contatar gás de escape antes da camada de espuma sólida.

[00197] É preferencial que a camada de espuma sólida seja disposta ou sustentada em uma extremidade de saída do substrato ou próximo à mesma.

[00198] O material catalítico pode ser disposto ou sustentado a montante da camada de espuma sólida. Adicional ou alternativamente, a camada de espuma sólida pode sobrepor o material catalítico. Uma porção ou parte de extremidade da camada de espuma sólida pode ser disposta ou sustentada no material catalítico. A camada de espuma sólida pode sobrepor completa ou parcialmente o material catalítico.

[00199] Em geral, o carregamento da camada de espuma sólida é de 0,0061 a 0,244 g.cm⁻³, preferencialmente, a partir de 0,0305 a 0,122 g.cm⁻³.

[00200] Em uma terceira modalidade de dispositivo de controle de emissões, o dispositivo de controle de emissões compreende um substrato e uma camada de espuma sólida para oxidar fuligem (e, opcionalmente, monóxido de carbono e hidrocarbonetos). O dispositivo de controle de emissões é um filtro de fuligem catalisado (CSF).

[00201] A camada de espuma sólida, preferencialmente, tem uma estrutura de célula aberta.

[00202] O substrato é, preferencialmente, um substrato de filtragem, tal como um substrato de monólito em formato de colmeia de fluxo de parede

(por exemplo, um filtro de partículas).

[00203] A camada de espuma sólida para oxidar fuligem pode ser disposta ou sustentada nos canais de entrada e/ou nos canais de saída do substrato de filtração. É preferencial que a camada de espuma sólida seja disposta ou sustentada pelo menos nos canais de entrada do substrato de filtração.

[00204] A camada de espuma sólida para oxidar fuligem compreende, ou consiste essencialmente em, um material catalítico, tal como descrito acima.

[00205] Tipicamente, o material catalítico para oxidar fuligem compreende, ou consiste essencialmente em um metal do grupo de platina disposto em um material de sustentação.

[00206] O metal do grupo de platina é, preferencialmente, platina e/ou paládio.

[00207] O material de sustentação compreende, ou consiste essencialmente em, um óxido refratário. O óxido refratário pode ser selecionado a partir do grupo que consiste em alumina, sílica, titânia, zircônia, céria e uma mistura ou óxido composto dos mesmos, tal como uma mistura ou óxido composto de dois ou mais dos mesmos. Por exemplo, o óxido refratário pode ser selecionado a partir do grupo que consiste em óxido de alumina, sílica, titânia, zircônia, céria, sílica-alumina, titânia-alumina, zircônia-alumina, céria-alumina, titânia-sílica, zircônia-sílica, zircônia-titânia, céria-zircônia e alumina-magnésio.

[00208] É preferencial que o óxido refratário seja selecionado a partir do grupo que consiste em óxido de alumina, sílica, céria, sílica-alumina, céria-alumina, céria-zircônia e alumina-magnésio. Mais preferencialmente, o óxido refratário é selecionado a partir do grupo que consiste em alumina, céria, sílica-alumina e céria-zircônia. O óxido refratário pode ser alumina ou sílica-alumina.

[00209] Em uma quarta modalidade de dispositivo de controle de emissões, o dispositivo de controle de emissões compreende um substrato e uma camada de espuma sólida para oxidar particulados (e opcionalmente (i) oxidar monóxido de carbono e hidrocarbonetos, e (ii) reduzir óxidos de nitrogênio (NO_x)). O dispositivo de controle de emissões é um filtro de partículas de gasolina (GPF).

[00210] A camada de espuma sólida, preferencialmente, tem uma estrutura de célula aberta.

[00211] O substrato é tipicamente um substrato de filtração, tal como um substrato de monólito em formato de colmeia de fluxo de parede (por exemplo, um filtro de partículas). O substrato pode ser um monólito de fluxo contínuo de cordierita, um monólito de fluxo contínuo metálico, um filtro de partículas de cordierita, um filtro de partículas de carboneto de silício ou um filtro de partículas de titanato de alumínio.

[00212] Quando o substrato é um substrato de monólito em formato de colmeia de fluxo de parede, tal como um filtro de partículas, então, tipicamente o substrato tem uma porosidade de 40 a 70%, preferencialmente, 45 a 65%, tal como 50 a 65% (por exemplo, 55 a 65%). Adicional ou alternativamente, o substrato pode ter um tamanho de poro médio de 8 a 45 μm , preferencialmente, 10 a 30 μm (por exemplo, 10 a 25 μm), particularmente 15 a 25 μm . Tamanho de poro médio pode ser determinado por porosimetria de mercúrio.

[00213] Na quarta modalidade de dispositivo de controle de emissões, a camada de espuma sólida pode ser disposta ou sustentada nos canais de entrada e/ou nos canais de saída do substrato de filtração. É preferencial que a camada de espuma sólida seja disposta ou sustentada pelo menos nos canais de entrada do substrato de filtração.

[00214] A camada de espuma sólida para oxidar fuligem compreende, ou consiste essencialmente em, um material catalítico, tal como descrito

acima.

[00215] Tipicamente, o material catalítico compreende, ou consiste essencialmente em um metal do grupo de platina, um material de sustentação e um componente de armazenamento de oxigênio.

[00216] O metal do grupo de platina é, preferencialmente, ródio e/ou paládio.

[00217] O material de sustentação compreende, ou consiste essencialmente em, um óxido refratário. O óxido refratário pode ser selecionado a partir do grupo que consiste em alumina, sílica, titânia, zircônia, céria e uma mistura ou óxido compósito dos mesmos, tal como uma mistura ou óxido compósito de dois ou mais dos mesmos. Por exemplo, o óxido refratário pode ser selecionado a partir do grupo que consiste em óxido de alumina, sílica, titânia, zircônia, céria, sílica-alumina, titânia-alumina, zircônia-alumina, céria-alumina, titânia-sílica, zircônia-sílica, zircônia-titânia, céria-zircônia e alumina-magnésio.

[00218] É preferencial que o óxido refratário seja selecionado a partir do grupo que consiste em óxido de alumina, sílica, céria, sílica-alumina, céria-alumina, céria-zircônia e alumina-magnésio. Mais preferencialmente, o óxido refratário é selecionado a partir do grupo que consiste em alumina, céria, sílica-alumina e céria-zircônia. O óxido refratário pode ser alumina ou sílica-alumina, mais preferencialmente, o óxido refratário é alumina.

[00219] O componente de armazenamento de oxigênio compreende, tipicamente, ou consiste essencialmente em, céria.

[00220] O motor de combustão interna pode ser um motor a gasolina ou um motor a diesel. É preferencial que o motor de combustão interna seja um motor a diesel, particularmente para a primeira, segunda e terceira modalidades de dispositivo de controle de emissões da invenção. Para a quarta modalidade de dispositivo de controle de emissões da invenção, é preferencial que o motor de combustão interna seja um motor a gasolina.

DEFINIÇÕES

[00221] Como usado nessa especificação e nas reivindicações anexas, as formas singulares "um", "uma", "o" e "a" incluem os plurais referentes a menos que o contexto indique claramente o contrário. Assim, por exemplo, referência a "um material particulado" inclui uma mistura de dois ou mais materiais particulados, e similares.

[00222] O termo "óxido misturado" como usado no presente documento se refere, em geral, a uma mistura de óxidos em uma única fase, como é conhecido convencionalmente na técnica. O termo "óxido compósito" como usado no presente documento se refere, em geral, a uma composição de óxidos que tem mais do que uma fase, como é conhecido convencionalmente na técnica.

[00223] A expressão "cerca de" como usada no presente documento com referência a um ponto de extremidade de uma faixa numérica inclui o ponto de extremidade exato da faixa numérica especificada. Assim, por exemplo, uma expressão que define um parâmetro como sendo até "cerca de 0,2" inclui o parâmetro ser até e incluindo 0,2.

[00224] O termo "de forma substancialmente vertical" usado no presente documento com referência a reter o substrato se refere a um arranjo em que o eixo geométrico central do substrato está a $\pm 5^\circ$ da vertical, preferencialmente, $\pm 3^\circ$ da vertical, tal como $\pm 0^\circ$ da vertical (isto é, perfeitamente vertical dentro de erro de medição).

[00225] Qualquer referência a um "vácuo" como usado no presente documento se refere a uma pressão que é abaixo da pressão atmosférica. O termo "vácuo" não deve ser interpretado em seu sentido literal de um espaço que é completamente desprovido de matéria. A força do vácuo que é aplicado ao substrato dependerá da composição do líquido e do tipo de substrato que esteja sendo usado. O vácuo deve ser forte o suficiente para limpar as células do substrato para que não exista bloqueios. Tais forças de vácuo ou pressões

reduzidas são bem conhecidas na técnica.

[00226] A expressão "consistir essencialmente" como usada no presente documento limita o escopo de um recurso para incluir os materiais especificados, e quaisquer outros materiais ou etapas que não afetam materialmente as características básicas daquele recurso, tal como, por exemplo, impurezas menores. A expressão "consistir essencialmente em" abrange a expressão "que consiste em".

EXEMPLOS

[00227] A invenção será ilustrada agora pelos seguintes exemplos não limitantes.

PROCEDIMENTOS E MÉTODOS GERAIS

[00228] Métodos de revestimento estabelecidos estão de acordo com a revelação e ensinamentos de os Documentos n^{os} WO99/47260, WO2011/080525 e WO2014/19568.

EXEMPLO 1

[00229] Uma suspensão de gama-alumina foi preparada misturando-se a quantidade apropriada de pó com água. O pH foi ajustado para 5,5 com HNO₃ e a suspensão agitada para homogeneizar. A suspensão foi moída para um d₅₀ de < 6 microns.

[00230] Ácido valérico (1,6% da massa de Alumina) foi adicionado a uma porção dessa suspensão, e o pH ajustado para 4,8, com NH₃. Ar foi introduzido na suspensão com o uso de uma batedeira Kenwood Chef ClassicTM com um acessório batedor e agitado em velocidade máxima por 10 minutos para produzir uma espuma com 5,9 vezes o volume da suspensão de partida.

[00231] A espuma foi envelhecida por três dias durante os quais nenhuma drenagem, secagem ou espessamento de líquido da estrutura de bolha foi observado.

EXEMPLO 2

[00232] Pó de boemita (uma alumina fornecida por Sasol) foi adicionado à água desmineralizada. Essa suspensão foi agitada por três horas. Um zeólito de poro pequeno com Cu trocado com a estrutura de CHA e SAR 25 (3,0% em peso de Cu) foi adicionado lentamente (razão Zeólito:Boemita 9:1). O teor de sólidos total dessa suspensão foi 31% em peso.

[00233] A uma porção dessa suspensão, foi adicionado ácido valérico (de quantidades variadas descritas na Tabela 1) e o pH ajustado, quando necessário, para 4,8 com NH_3 . Ar foi introduzido em cada porção da suspensão com o uso de uma batedeira Kenwood Chef Classic™ com um acessório batedor e agitado em velocidade máxima por 10 minutos para produzir uma espuma.

TABELA 1 – SUMÁRIO DE AMOSTRAS DE ESPUMA DO EXEMPLO 2

| ID de Amostra | Sólidos % em peso | Ácido Valérico mmol/g de sólidos | Volume Inicial (ml) | Volume de Espuma (ml) |
|---------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------------|
| A | 19,97 | 0,085 | 150 | 300 |
| B | 19,97 | 0,180 | 150 | 1.200 |
| C | 18,84 | 0,173 | 150 | 200 |
| D | 31,00 | 0,109 | 150 | 1.200 |
| E | 29,95 | 0,056 | 150 | 1.100 |
| F | 31,39 | 0,082 | 100 | 700 |
| G | 30,67 | 0,210 | 150 | 1.200 |
| H | 19,82 | 0,122 | 150 | 1.100 |
| I | 20,15 | 0,274 | 150 | 1.250 |
| J | 20,34 | 0,288 | 150 | 1.200 |

[00234] **A Figura 1a** mostra caracterização em microscópio óptico de espuma fresca da amostra I (em ampliação de 5x e barra de escala de 0,20 mm). **A Figura 1b** mostra caracterização em microscópio óptico de espuma fresca da amostra I (em ampliação de 5x e barra de escala de 0,25 mm).

EXEMPLO 3 - TESTE DE REVESTIMENTO DE ESPUMA DE SCR

[00235] Uma suspensão foi preparada diluindo-se e, então, agitando-se uma suspensão de composição similar àquela do EXEMPLO 2 até a mesma se tornar homogênea.

[00236] A uma porção dessa suspensão, foi adicionado ácido valérico (2,1% da massa de componente sólido) e o pH ajustado para 4,8 com hidróxido de tetra-n-propil-amônio. Ar foi introduzido na suspensão com o

uso de uma batedeira Kenwood Chef Classic™ com um acessório batedor e agitado em velocidade máxima por 10 minutos para produzir uma espuma.

[00237] A espuma foi introduzida à extremidade de saída um núcleo de 2,54 cm (1 polegada) tomada a partir de um substrato de fluxo contínuo de cordierita com o uso de um vácuo aplicado a partir da extremidade de entrada. O núcleo foi seco e, então, calcinado a 500 °C por 2 h.

[00238] Conforme mostrado na **Figura 2**, microscopia eletrônica de varredura do núcleo revestido indica que o revestimento de espuma sólido forma uma camada uniforme nas paredes de célula. Bolhas abertas são visíveis na superfície da camada de espuma sólida. As imagens foram tomadas nas seguintes condições: 2a) tensão de aceleração 20 kV, ampliação 42x, distância de trabalho 18 mm, detector de elétrons secundário, barra de escala de 0,20 mm, 2b) tensão de aceleração 20 kV, ampliação 28x, distância de trabalho 13 mm, detector de elétrons secundário, barra de escala de 0,20 mm.

EXEMPLO 4 - TESTE DE REVESTIMENTO DE ESPUMA DE SCRF

[00239] Foram preparadas três suspensões, cada uma como nos EXEMPLOS 2 e 3. A cada uma dessas foi adicionado ácido valérico (quantidade como descrito na Tabela 2) e o pH ajustado para um alvo de 4,75 com hidróxido de tetra-n-propil-amônio (TPAOH). Ar foi introduzido na suspensão com o uso de uma batedeira Kenwood Chef Classic™ com um acessório batedor e agitado em velocidade máxima por 10 minutos para produzir uma espuma.

TABELA 2

| ID de Suspensão | 4a | 4b | 4c |
|---|------|------|------|
| Teor de sólidos na suspensão (% em peso) | 30 | 30 | 30 |
| Quantidade de ácido valérico (% em peso de componente sólido) | 0,82 | 0,82 | 0,82 |
| Quantidade de TPAOH (% em peso de componente sólido) | 1,76 | 1,76 | 1,76 |
| pH de partida | 4,54 | 4,54 | 4,6 |
| pH após adição de ácido valérico | 4,38 | 4,38 | 4,41 |
| pH após adição de TPAOH | 4,74 | 4,74 | 4,73 |

EXEMPLO 4A

[00240] Foi aplicado 196,6 g de suspensão 4a aos canais de saída de

um substrato de filtro de SiC que tem 46,5 células por centímetro quadrado (300 células por polegada quadrada) com o uso de um método como descrito no Documento nº WO2011/080525. O revestimento de espuma foi seco com o uso de fluxo de ar forçado e calcinado a 500 °C. O substrato revestido foi cortado longitudinalmente para examinar a profundidade de revestimento e o revestimento examinado com o uso de SEM.

[00241] **A Figura 3** mostra o revestimento de suspensão 4a em um segmento do substrato após o mesmo ter sido cortado longitudinalmente.

[00242] A profundidade do revestimento de espuma foi 38 mm quando medida do lado de saída. O catalisador tinha um carregamento de revestimento de 0,0732 g.cm⁻³ (1,2 g.in⁻³) na porção revestida. A distribuição do revestimento nos canais parece homogênea; a superfície de revestimento é altamente áspera. Os elementos semelhantes a bolha têm uma distribuição de tamanho que varia de 50 µm a 200 µm, e aparentam ser frequentemente interconectados por rachaduras ou furos na parede da bolha. **A Figura 4** mostra imagens de SEM do filtro revestido, **4a** da superfície de revestimento e **4b** em corte transversal. As imagens foram tomadas nas seguintes condições: 4a) tensão de aceleração 20 kV, ampliação 45x, distância de trabalho 14 mm, detector de elétrons secundário, barra de escala de 0,10 mm, 4b) tensão de aceleração 20 kV, ampliação 200x, distância de trabalho 13 mm, detector de elétrons secundário, barra de escala de 0,10 mm.

[00243] Os cortes transversais mostram que o revestimento forma uma camada sobre a parede densa e fina, em cima da qual uma estrutura mais áspera e aberta é formada. O revestimento não penetra nos poros de substrato. Tanto os canais de entrada quanto os poros na parede dos canais de saída são livres de revestimento. A espessura da camada sobre a parede densa é variável, e o grau de estruturas porosas abertas formadas em cima da mesma também muda através da amostra. A camada densa mostra alguma porosidade interpartículas, na faixa de 1 a 5 µm.

EXEMPLO 4B

[00244] Duas porções de suspensão 4b foram aplicadas aos canais de entrada de um substrato de filtro de SiC que tem 46,5 células por centímetro quadrado (300 células por polegada quadrada) com o uso de um método como descrito no Documento nº WO2011/080525. A primeira aplicação foi de 223,3 g de espuma, a segunda de 143,0 g de espuma. O revestimento de espuma foi seco com o uso de fluxo de ar forçado após cada aplicação e, por fim, calcinado a 500 °C. O revestimento foi examinado com o uso de SEM.

[00245] A **Figura 5** mostra imagens de SEM do filtro revestido, **5b** da superfície de revestimento e **5a** e **5c** em corte transversal. As imagens foram tomadas nas seguintes condições: 5a) tensão de aceleração 20 kV, ampliação 88x, distância de trabalho 16 mm, detector de elétrons secundário, barra de escala de 0,20 mm, 5b) tensão de aceleração 20 kV, ampliação 81x, distância de trabalho 18 mm, detector de elétrons secundário, barra de escala de 0,10 mm, 5c) tensão de aceleração 20 kV, ampliação 150x, distância de trabalho 13 mm, detector de elétrons secundário, barra de escala de 0,10 mm.

[00246] O revestimento formou uma camada homogênea espessa na parede do substrato. A espessura próxima aos cantos é em torno de 350 µm, ao longo das paredes é em torno de 150 µm. O revestimento forma uma superfície muito áspera, com poros abertos interconectados por rachaduras ou furos na parede da bolha. Poros muito menores são encontrados entre as partículas que formam a parede da bolha.

EXEMPLO 4C

[00247] Três porções de suspensão 4c foram aplicadas aos canais de saída de um substrato de filtro de SiC que tem 46,5 células por centímetro quadrado (300 células por polegada quadrada) com o uso de um método como descrito no Documento nº WO2011/080525. A primeira aplicação foi de 191,1 g de espuma, a segunda de 170,8 g de espuma e a terceira de 193,6 g de espuma. O revestimento de espuma foi seco com o uso de fluxo de ar forçado

após cada aplicação e, por fim, calcinado a 500 °C. O revestimento foi examinado com o uso de SEM.

[00248] **A Figura 6** mostra imagens de SEM do filtro revestido, **6a** da superfície de revestimento e **6b** em corte transversal. As imagens foram tomadas nas seguintes condições: 6a) tensão de aceleração 20 kV, ampliação 90x, distância de trabalho 14 mm, detector de elétrons secundário, barra de escala de 0,10 mm, 5b) tensão de aceleração 20 kV, ampliação 80x, distância de trabalho 12 mm, detector de elétrons secundário, barra de escala de 0,10 mm.

[00249] O revestimento parece homogêneo; a superfície de revestimento é altamente áspera. Os elementos semelhantes a bolha têm uma distribuição de tamanho que varia de 50 µm a 250 µm, e aparentam ser frequentemente interconectados por rachaduras ou furos na parede da bolha. A espessura geral da camada em torno dos cantos é 300 µm, nos canais é aproximadamente 160 µm.

[00250] Os cortes transversais mostram que o revestimento forma uma camada sobre a parede densa, em cima da qual uma estrutura mais áspera e aberta é formada. A espessura média da camada densa no fundo varia consideravelmente ao longo dos canais, de 20 a 150 µm, dependendo da presença e número de bolhas na área.

EXEMPLO 5 - TESTE DE PROFUNDIDADE DE REVESTIMENTO

CURTO

EXEMPLO 5A - TIRA DE ASC DE FILTRO

[00251] O filtro foi revestido com uma camada de camada de recobrimento de SCR convencional para um filtro antes de aplicar a camada de revestimento de espuma.

[00252] Uma suspensão foi preparada adicionando-se pó de gama-alumina a água e moída para d_{50} de menos do que 4,5 microns. Um sal solúvel de Pt e 0,5% de hidroxietilcelulose foi adicionado. A suspensão foi agitada

para homogeneizar.

[00253] A uma porção dessa suspensão foi adicionado propil-galato (2,2% da massa do componente sólido) e agitado até homogeneizar. Ar foi introduzido na suspensão com o uso de uma batedeira Kenwood Chef Classic™ com um acessório batedor e agitado em velocidade máxima por 10 minutos para produzir uma espuma.

[00254] A espuma foi aplicada aos canais de saída de um substrato de filtro de SiC que tem 46,5 células por centímetro quadrado (300 células por polegada quadrada) com o uso de um método como descrito em WO2011/080525. O revestimento de espuma foi seco com o uso de fluxo de ar forçado e calcinado a 500 °C. A profundidade do revestimento de espuma foi de 5 mm quando medida do lado de saída. O catalisador resultante tinha um carregamento de Pt de 494,40 g.m⁻³ (14 g.ft⁻³) e um carregamento de revestimento de 0,0244 g.cm⁻³ (0,4 g.in⁻³) de espuma sólida na porção revestida.

[00255] O catalisador foi cortado longitudinalmente em dois planos perpendiculares. Conforme mostrado na **Figura 7**, com o uso de um microscópio óptico para visualizar a superfície da camada de espuma sólida pode ser determinado que a espuma sólida tinha uma estrutura de célula aberta com bolhas entre 5 e 140 µm.

[00256] A profundidade de revestimento da camada de espuma sólida foi medida em 10 posições espaçadas uniformemente através dos dois planos cortados. As profundidades de revestimento medidas tinham uma média de 4,8 mm e um desvio padrão de 0,4 mm.

EXEMPLO 5B - FLUXO ATRAVÉS DE TIRA DE ASC

[00257] Uma suspensão foi preparada adicionando-se pó de gama-alumina (SCFa-140, fornecido por Sasol) à água e moída para d₅₀ de menos do que 4,5 microns. Um sal solúvel de Pt e 0,5% de hidroxietilcelulose foi adicionado. A suspensão foi agitada para homogeneizar.

[00258] A uma porção dessa suspensão foi adicionado ácido valérico (1,65% da massa do componente sólido) e o pH ajustado para 4,8 com NH_3 . Ar foi introduzido na suspensão com o uso de uma batedeira Kenwood Chef ClassicTM com um acessório batedor e agitado em velocidade máxima por 10 minutos para produzir uma espuma.

[00259] A espuma foi aplicada aos canais de saída de um substrato de fluxo contínuo de cordierita que tem 46,5 células por centímetro quadrado (300 células por polegada quadrada) com o uso de um método como descrito no Documento nº WO2011/080525. O revestimento de espuma foi seco com o uso de fluxo de ar forçado e calcinado a 500 °C. A profundidade do revestimento de espuma foi de 16,1 mm quando medida do lado de saída. O catalisador resultante tinha um carregamento de Pt de 2.118,8 g.m⁻³ (60 g.ft⁻³) e um carregamento de revestimento 0,0854 g.cm⁻³ (1.4 g.in⁻³) na porção revestida.

[00260] O catalisador foi cortado longitudinalmente em dois planos perpendiculares. Conforme mostrado na **Figura 8**, com o uso de um microscópio óptico para visualizar a superfície da camada de espuma sólida pode ser determinado que a espuma sólida tinha uma estrutura de célula aberta com bolhas entre 20 e 250 µm.

[00261] A profundidade de revestimento da camada de espuma sólida foi medida em 10 posições espaçadas uniformemente através dos dois planos cortados. As profundidades de revestimento medidas tinham uma média de 15,7 mm e um desvio padrão de 0,7 mm.

[00262] Como mostrado na Tabela 3 abaixo, uma faixa ampla de dosagens foi aplicada a substratos de fluxo contínuo para alcançar profundidades de revestimento curtas diferentes.

TABELA 3 PARÂMETROS DE REVESTIMENTO

| ID da Parte | Peso da Dose de Espuma (g) | % em peso de Hidroxietilcelulose usada | Profundidade de Revestimento (mm) |
|-------------|----------------------------|--|-----------------------------------|
| ASC-1 | 107 | 0 | 78,4 |
| ASC-2 | 32 | 0 | 10,36 |
| ASC-3 | 70 | 0,5 | 18,34 |

| ID da Parte | Peso da Dose de Espuma (g) | % em peso de Hidroxietilcelulose usada | Profundidade de Revestimento (mm) |
|-------------|----------------------------|--|-----------------------------------|
| ASC-4 | 38 | 0,5 | 11,48 |
| ASC-5 | 52 | 0,5 | 16,1 |
| ASC-6 | 48 | 0,5 | 19,46 |
| ASC-7 | 67 | 0 | 41,3 |
| ASC-8 | 34 | 0 | 16,1 |
| ASC-9 | 14 | 0 | 6,3 |

EXEMPLO 6: REVESTIMENTO DE DOC (NÃO ESPUMADO)

[00263] Pó de sílica-alumina foi transformado em pasta fluida em água e moída para um $d_{90} < 20$ microns. Acetato de bário foi adicionado à pasta fluida seguido por quantidades apropriadas de platina solúvel e sais de paládio. Beta zeólito foi adicionado de modo que a pasta fluida compreendesse 77% de sílica-alumina e 23% de zeólito por massa. A pasta fluida foi, então, agitada para homogeneizar. A camada de recobrimento resultante foi aplicada aos canais de entrada do fluxo através de monólito com o uso de técnicas de revestimento estabelecidas como descrito no Documento nº WO99/47260. A mesma foi, então, seca e calcinada a 500 °C.

[00264] Uma segunda pasta fluida de sílica-alumina pó em água foi moída para um $d_{90} < 20$ microns. Sal de platina solúvel foi adicionado seguido por nitrato de manganês. A mistura foi agitada para homogeneizar. A pasta fluida foi aplicada à extremidade de saída de um fluxo de cordierita através de monólito com o uso de técnicas de revestimento estabelecidas como descrito no Documento nº WO99/47260. A mesma foi, então, seca e calcinada a 500 °C. O carregamento de manganês na parte foi $1.766,7 \text{ g m}^{-3}$ (50 g.ft^{-3}). O catalisador acabado tinha um carregamento de Pt total de $3.974,62 \text{ g m}^{-3}$ ($112,5 \text{ g.ft}^{-3}$) e carregamento de Pd de $1.324,87 \text{ g m}^{-3}$ ($37,5 \text{ g.ft}^{-3}$).

EXEMPLO 7: REGIÃO DE CAPTURA DE VOLATILIDADE DE PT (ESPUMADA)

[00265] Pd pré-formada em alfa alumina com uma área de superfície específica (SSA) de $< 10 \text{ m}^2/\text{g}$, que compreende 1,2% em peso de Pd, foi transformada em pasta fluida em água e moída para um $d_{90} < 20$ microns. Pasta fluida de boemita ativada foi adicionada como aglutinante (como 10%

do teor de sólidos total) e água adicionada até que a suspensão tivesse 25% de teor de sólidos total. 0,6% em peso de espessante com base em celulose foi adicionado à suspensão. Subsequentemente, essa suspensão teve o pH ajustado para pH 4,7 com amônia aquosa, e ácido valérico (0,2%) adicionados. Ar foi introduzido na suspensão com o uso de um impulsor indutor de gás por 15 minutos, para produzir uma espuma estável.

[00266] A espuma foi, então, dosada sobre a face de saída em torno de, 143,8 mm de diâmetro, 97 mm de comprimento de monólito de fluxo contínuo com o uso de técnicas de revestimento estabelecidas como descrito no Documento nº WO2011/080525, produzindo um revestimento de 8 mm de profundidade. A parte foi seca e calcinada a 500 °C. A **Figura 12** mostra uma imagem de raios-X do monólito revestido do EXEMPLO 7, que compreende o revestimento de DOC do EXEMPLO 6 com o revestimento de volatilidade de Pt espumado. Nessa Figura, a saída está na parte superior da imagem, com o revestimento espumado curto (6 a 10 mm) visível como a tira escura diretamente na saída.

[00267] Aplicando-se técnicas similares, em algumas modalidades, a profundidade de revestimento está em uma faixa de 6 a 10 mm.

FORNO DE TUBO DE VOLATILIDADE DE PT

[00268] Testes foram realizados em um primeiro reator de laboratório de teste de atividade catalítica sintética (SCAT) ilustrado na Figura 9, no qual um núcleo envelhecido de um catalisador de SCR de zeólito de Cu/CHA revestido foi disposto em um conduto a jusante de um núcleo do EXEMPLO 6 ou 7. Uma mistura de gás sintético foi passada através do conduto em uma taxa de 6 litros por minuto. Um forno foi usado para aquecer (ou "envelhecer") as amostras de DOC em temperatura em estado estável em uma temperatura de saída de catalisador de 900 °C por 2 horas. O catalisador de SCR foi disposto a jusante da amostra de DOC e foi retido em uma temperatura de catalisador de 300 °C durante o processo de envelhecimento

ajustando-se o comprimento de tubo entre a saída do forno e a entrada de SCR, embora um revestimento trocador de calor resfriado a água pudesse ser usado conforme apropriado. As temperaturas foram determinadas com o uso de termopares posicionados apropriadamente (T_1 e T_2). A mistura de gás usada durante o envelhecimento foi 40% de ar, 50% de N_2 , 10% de H_2O .

RESULTADOS DE DESEMPENHO—TESTE DE NO_x DE SCR

[00269] Núcleos de SCR foram testados para atividade de conversão de NO_x com o uso de um reator de bancada de gás sintético. O teste foi efetuado a 500 °C com o uso de uma mistura de gás sintético ($O_2 = 10\%$; $H_2O = 5\%$; $CO_2 = 7,5\%$; $NH_3 = 325$ ppm; $NO = 500$ ppm; $NO_2 = 0$ ppm; $N_2 =$ saldo, isto é, um valor alfa de 0,65 foi usado (razão de $NH_3:NO_x$), para que a conversão máxima possível de NO_x disponível fosse 65%) e a conversão de NO_x resultante é mostrada na Figura 11.

[00270] Para evitar qualquer dúvida, o teor inteiro de qualquer e todos os documentos citados no presente documento é incorporado ao presente pedido a título de referência.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para revestir um substrato com uma espuma, o método caracterizado pelo fato de que compreende:

(a) reter verticalmente um substrato que compreende uma pluralidade de canais; e pressionar ou injetar a espuma através de extremidades abertas dos canais em uma primeira extremidade do substrato; e

em que a espuma compreende um material particulado compreendendo um material cerâmico, o material cerâmico compreendendo um óxido refratário, um composto cerâmico, um aluminato de metal, uma peneira molecular ou uma mistura de dois ou mais dos mesmos, e em que a espuma é estabilizada por partículas; e

em que a espuma é obtida a partir de um método que compreende as etapas de:

(i) preparar uma suspensão do material particulado em um meio aquoso contendo um anfifílico; e

(ii) espumar a suspensão pela introdução de um gás na suspensão para gerar uma espuma estabilizada por partículas.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa (ii) compreende pressionar ou injetar a espuma no substrato com o uso de um pistão.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa (a) compreende as etapas de: (i) colocar um meio de contenção em cima da primeira extremidade do substrato, (ii) dosar a espuma no meio de contenção e (iii) aplicar [1] um vácuo às extremidades abertas dos canais em uma segunda extremidade do substrato e/ou [2] pressão às extremidades abertas dos canais na primeira extremidade do substrato.

4. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que a etapa (a) compreende adicionalmente introduzir a espuma em uma quantidade predeterminada.

5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente as etapas de aplicar (i) um vácuo às extremidades abertas dos canais em uma segunda extremidade do substrato e / ou (ii) pressão às extremidades abertas dos canais na primeira extremidade do substrato.

6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente a etapa de (c) secar e/ou calcinar o substrato que contém a espuma estabilizada por partículas para obter uma camada de espuma sólida disposta ou sustentada no substrato.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a camada de espuma sólida compreende uma estrutura de célula aberta.

8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que a camada de espuma sólida tem um volume de célula, em que mais do que 20% do volume de célula é interconectado.

9. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que o material particulado tem um tamanho de partícula mediano de 1 nm a 50 μm .

10. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que a espuma contém bolhas que têm um diâmetro de 1 μm a 1 mm.

11. Dispositivo de controle de emissões para tratar ou remover poluentes de um gás de escape produzido por um motor de combustão interna, o dispositivo de controle de emissões caracterizado pelo fato de que compreende uma camada de espuma sólida disposta em um substrato, e em que a camada de espuma sólida disposta em um substrato:

(i) é obtida a partir do método como definido em qualquer uma

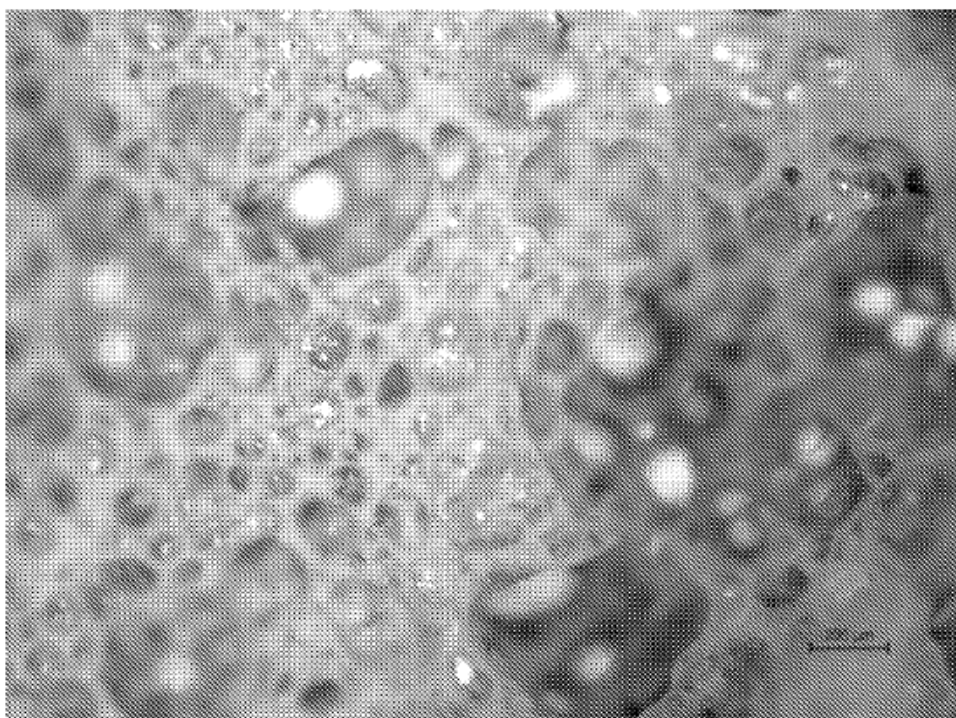
das reivindicações 6 a 10.

12. Dispositivo de controle de emissões de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a camada de espuma sólida tem uma estrutura de célula aberta.

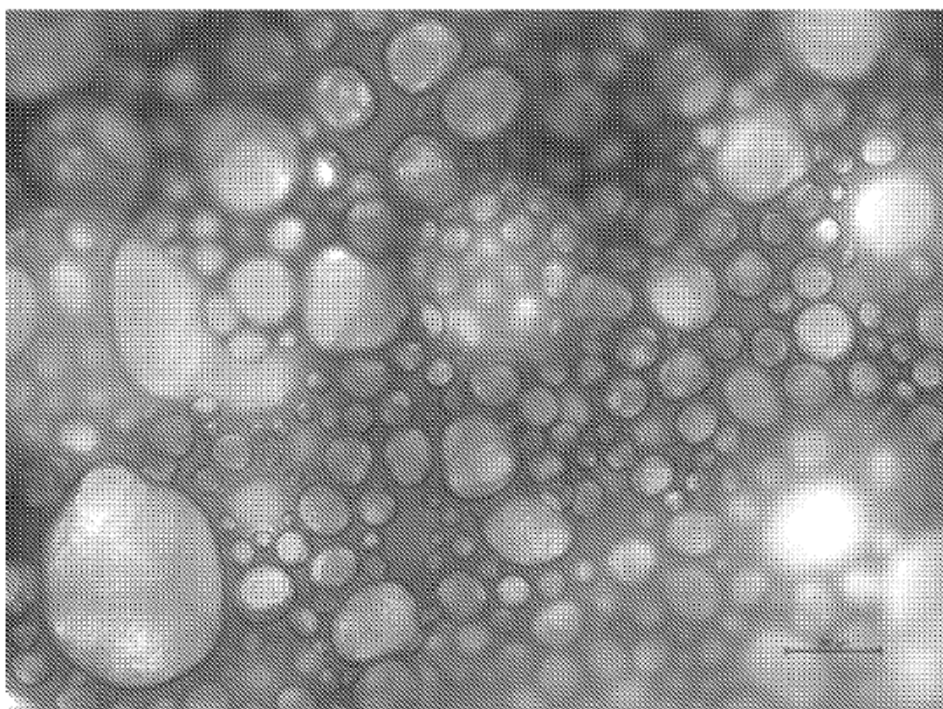
13. Dispositivo de controle de emissões de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 ou 12, caracterizado pelo fato de que a camada de espuma sólida tem um diâmetro de poro mediano de 1 a 100 μm .

14. Dispositivo de controle de emissões de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 13, caracterizado pelo fato de que a camada de espuma sólida compreende estruturas semelhantes a bolha que têm uma distribuição de tamanho na faixa de 5 μm a 500 μm .

Figura 1

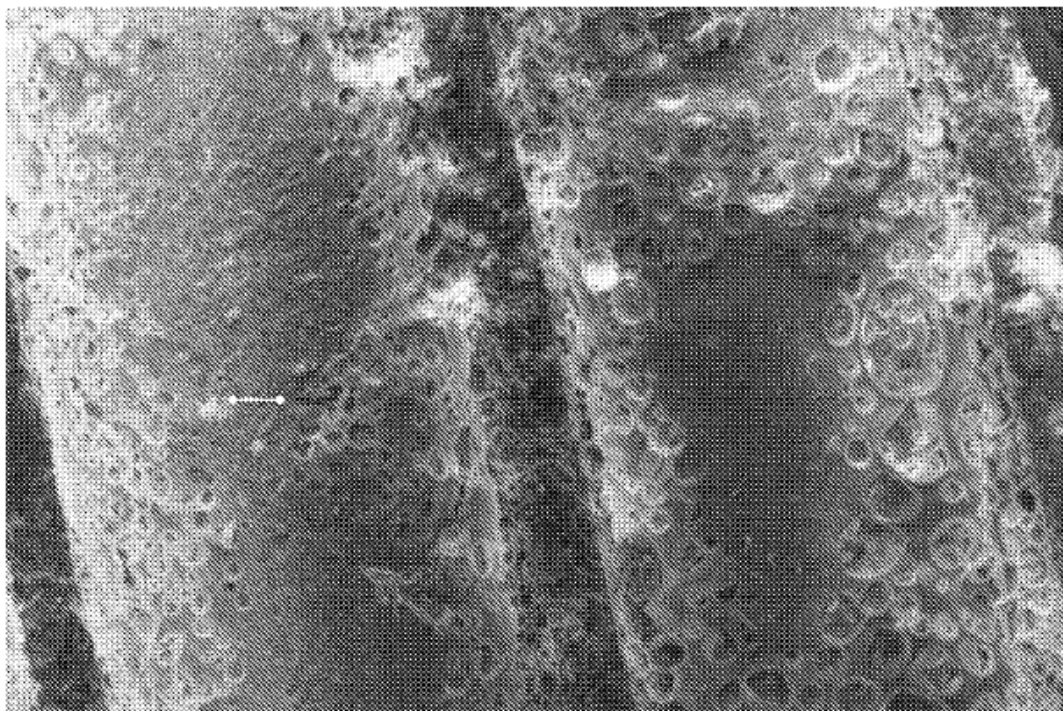


1a

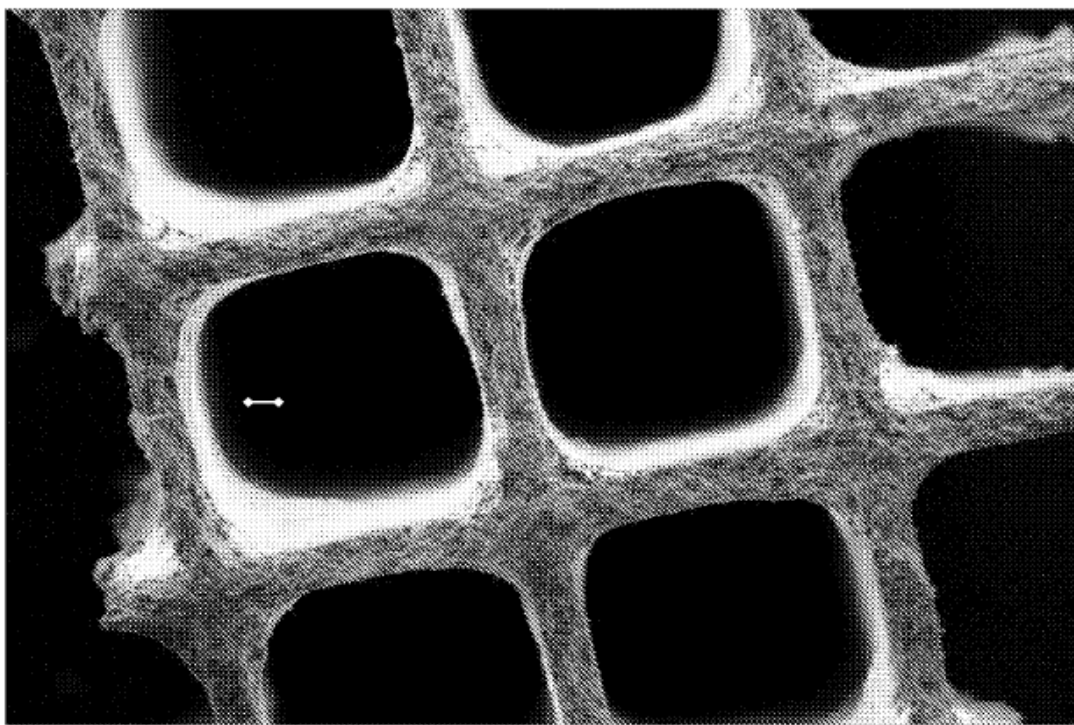


1b

Figura 2



2a



2b

Figura 3

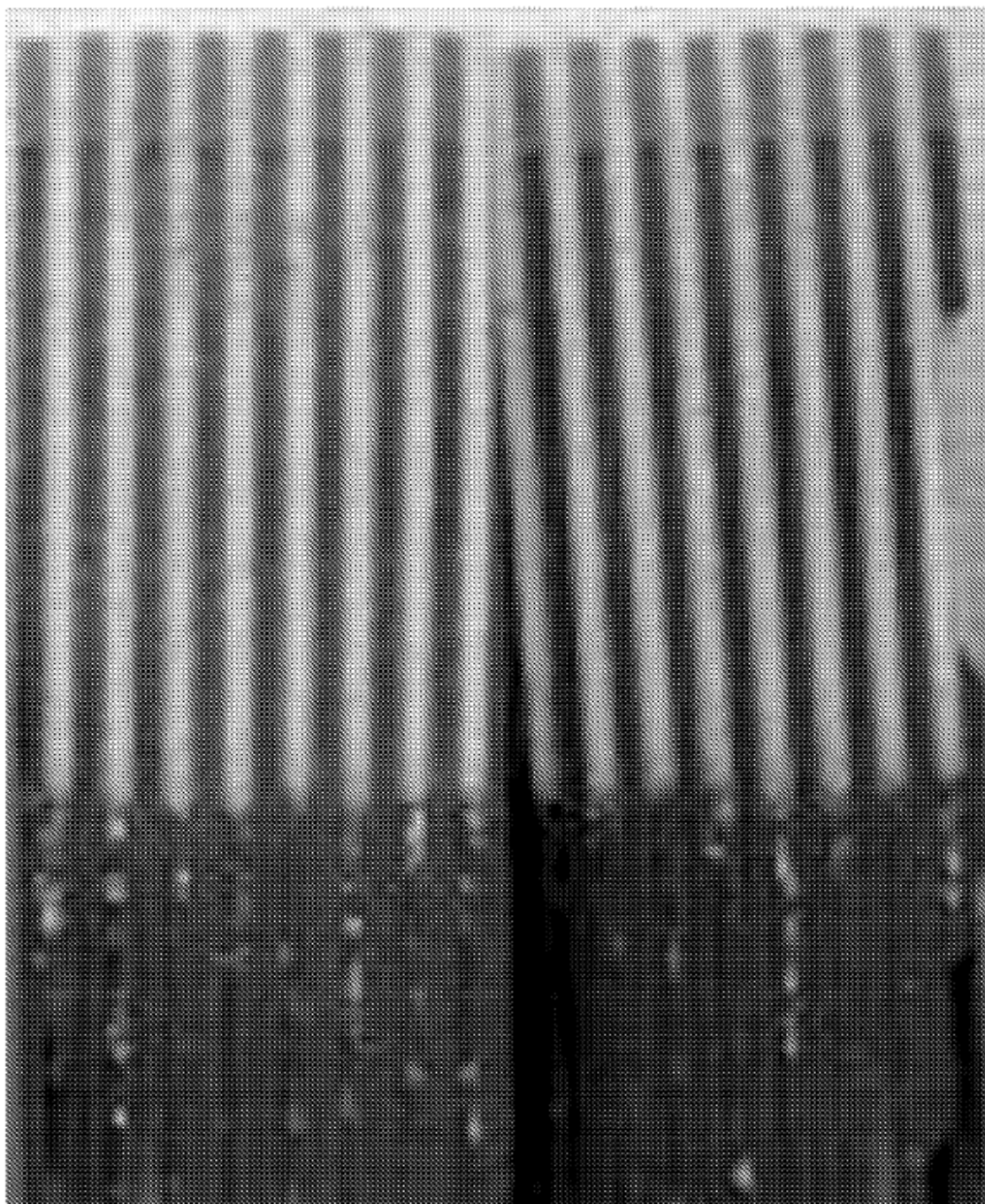
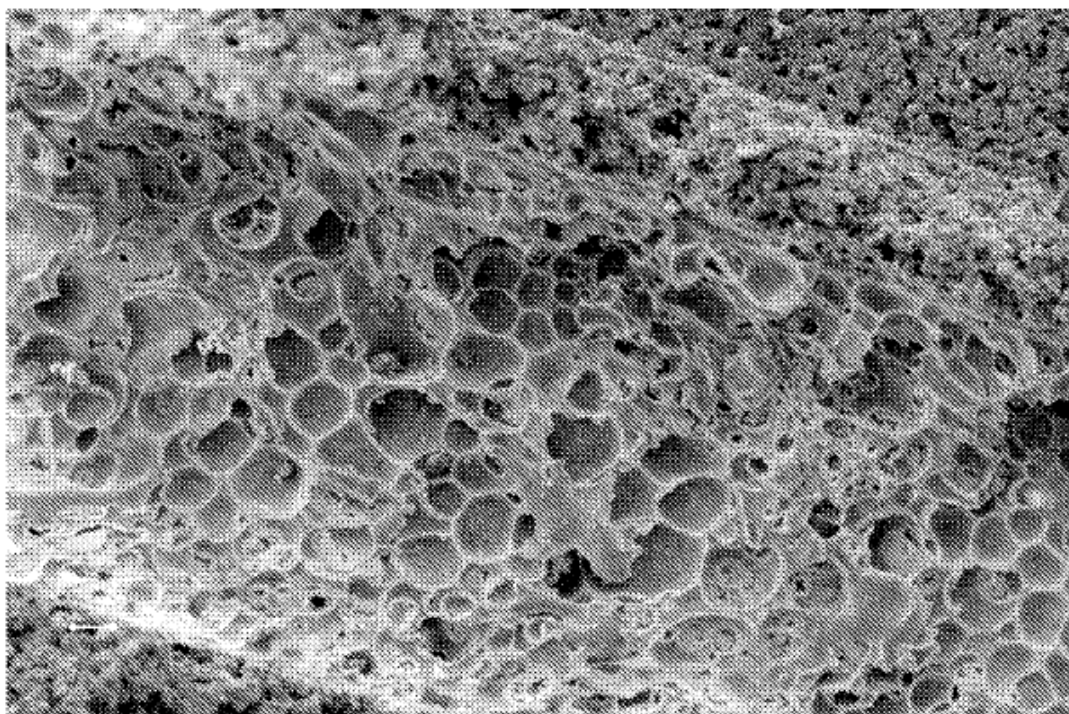
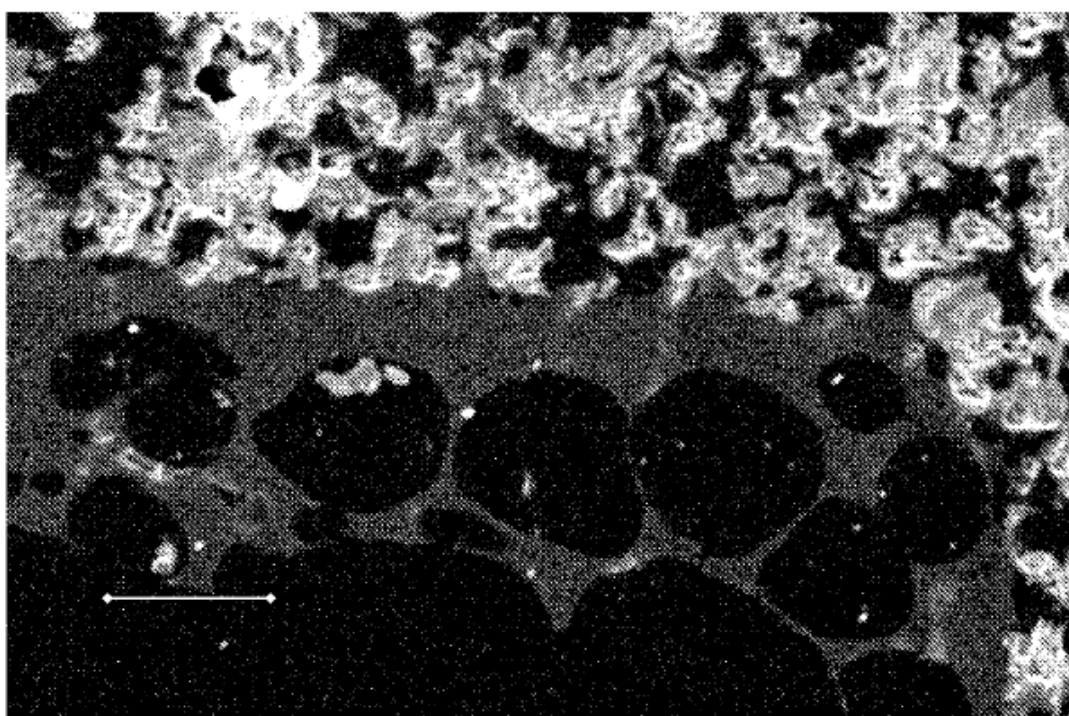


Figura 4

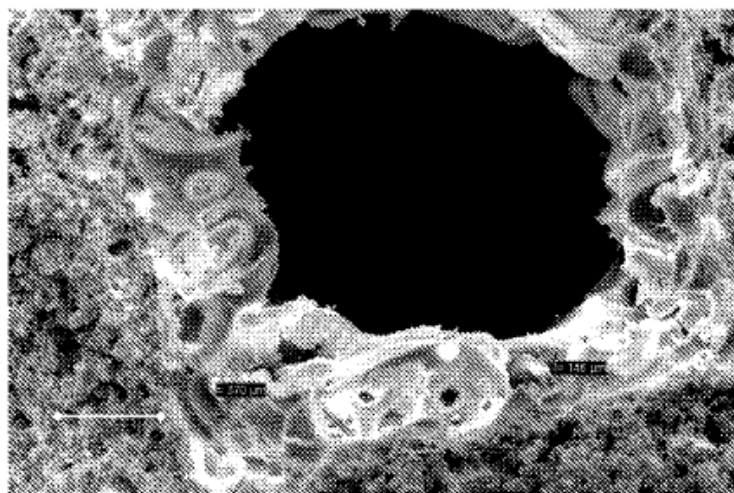


4a

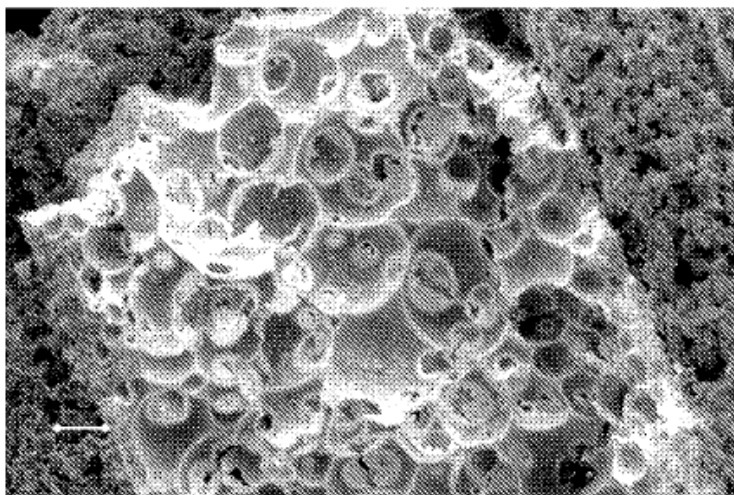


4b

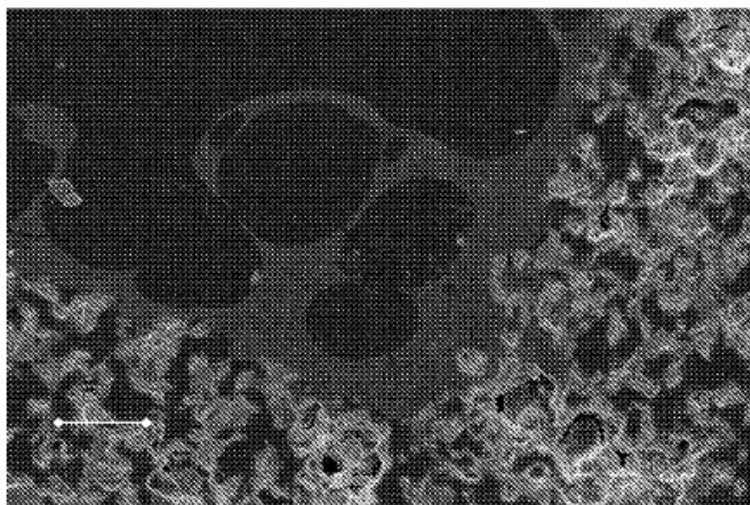
Figura 5



5a

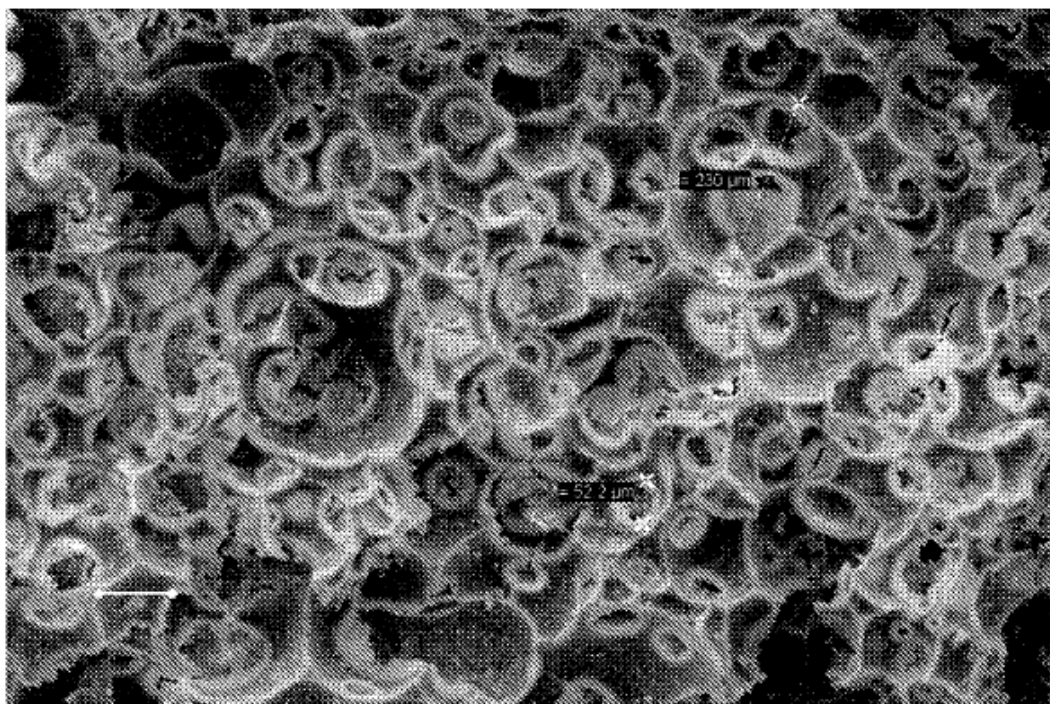


5b

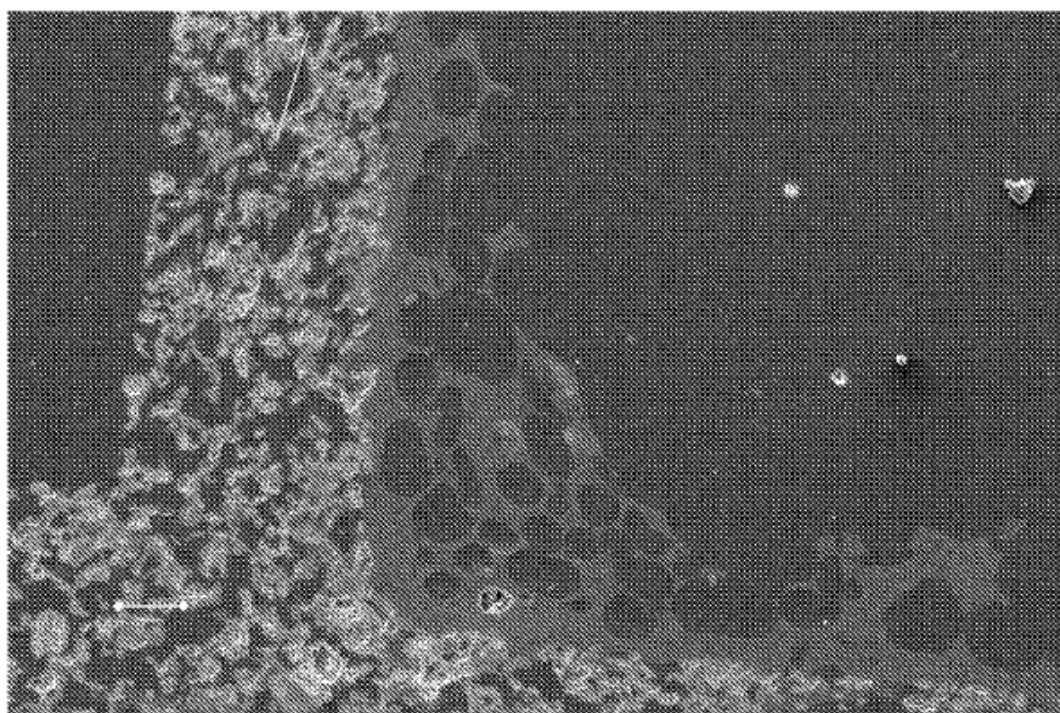


5c

Figura 6



6a



6b

Figura 7

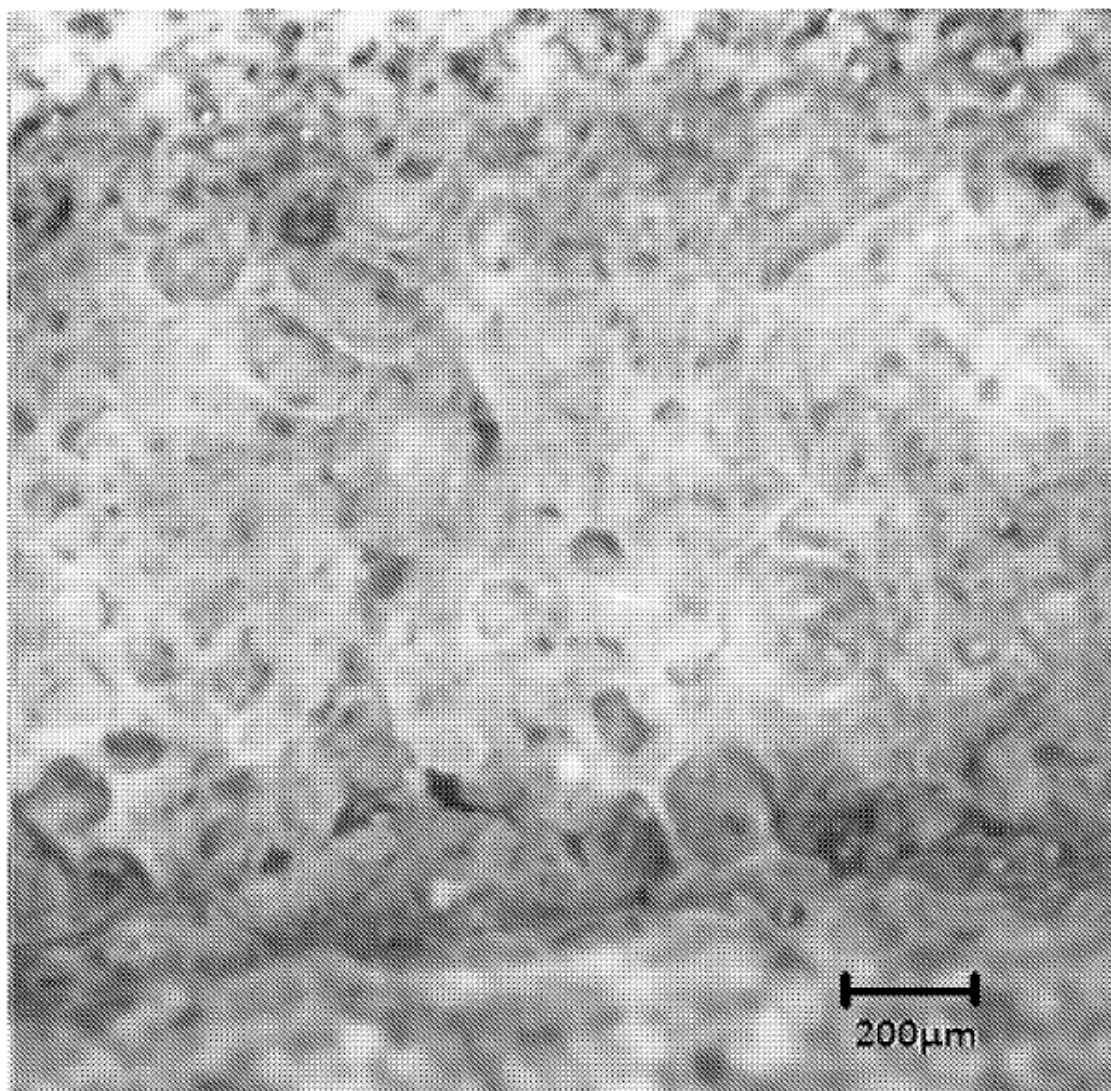


Figura 8

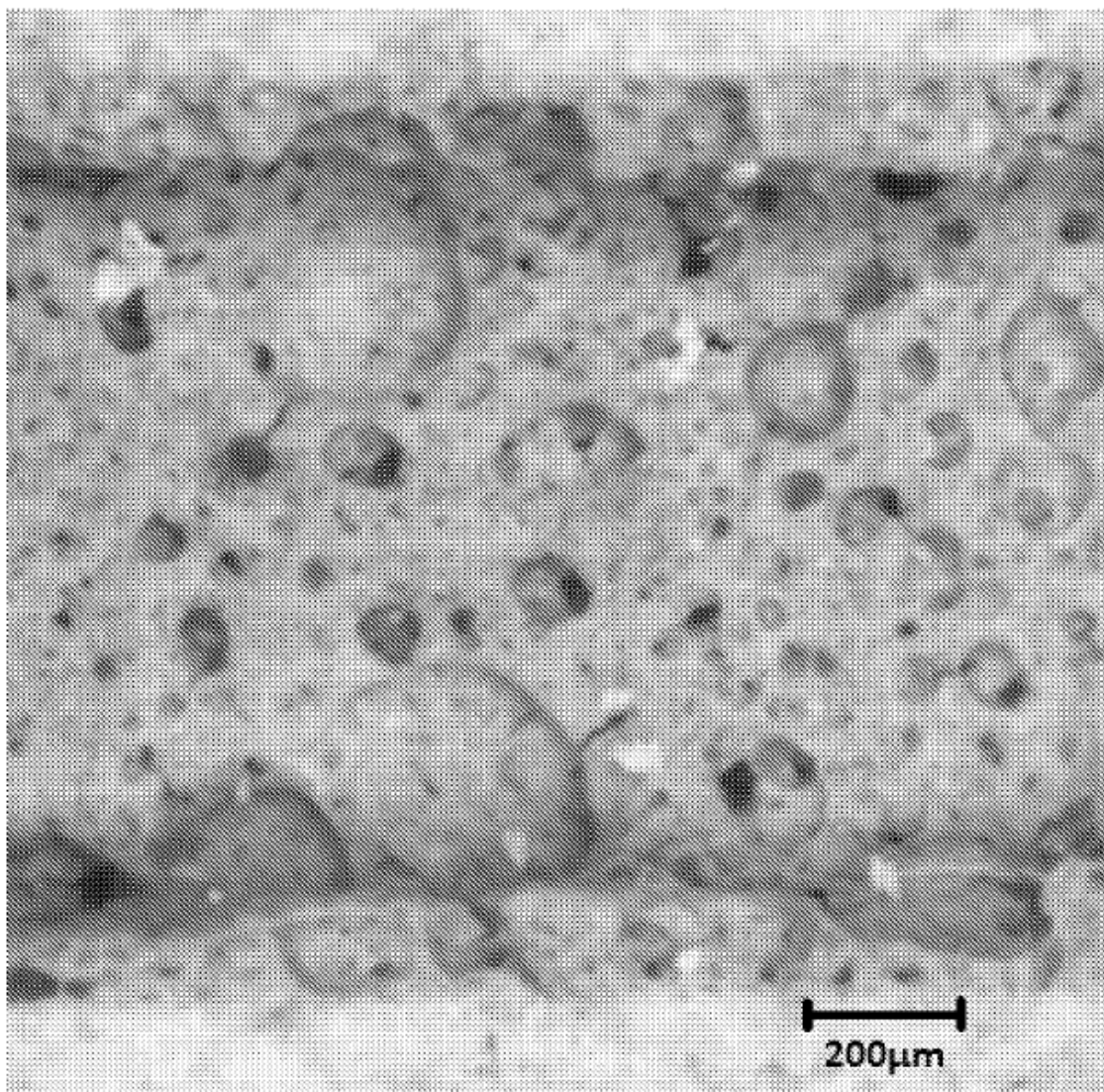
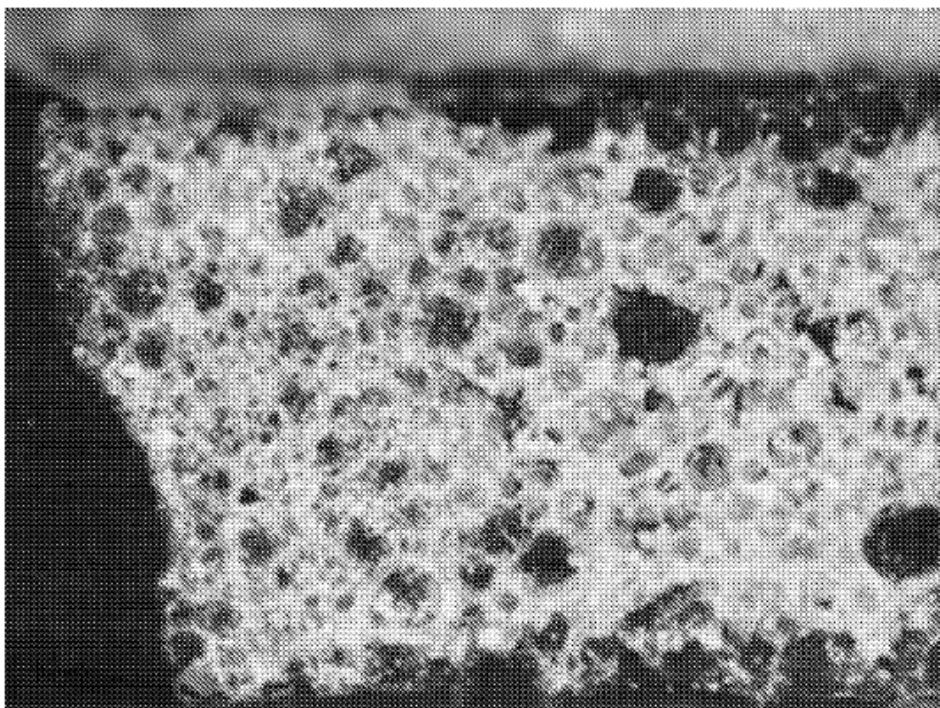
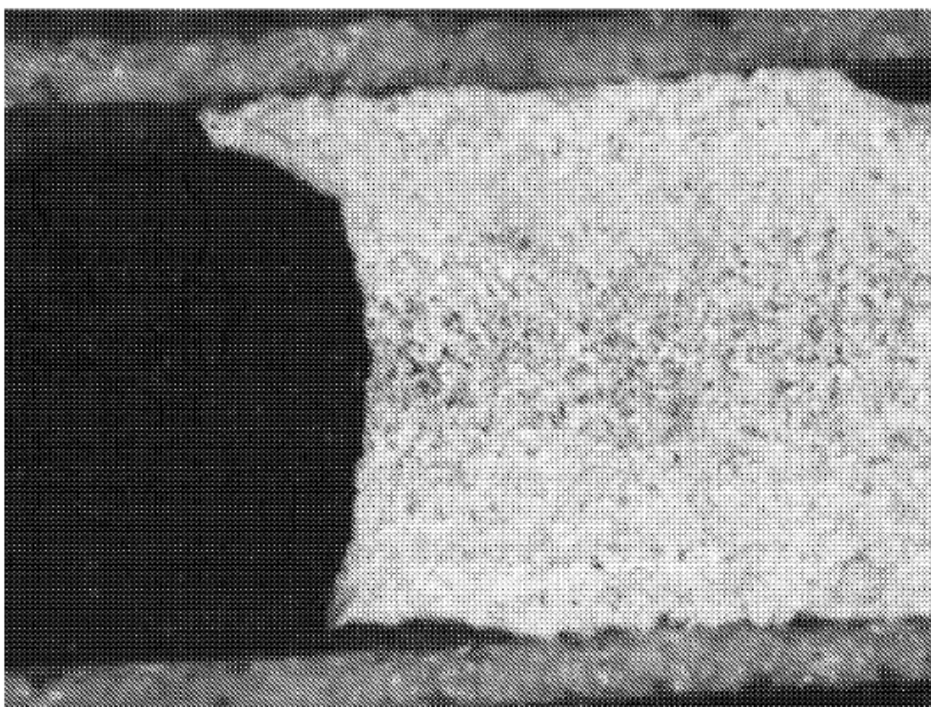


Figura 9

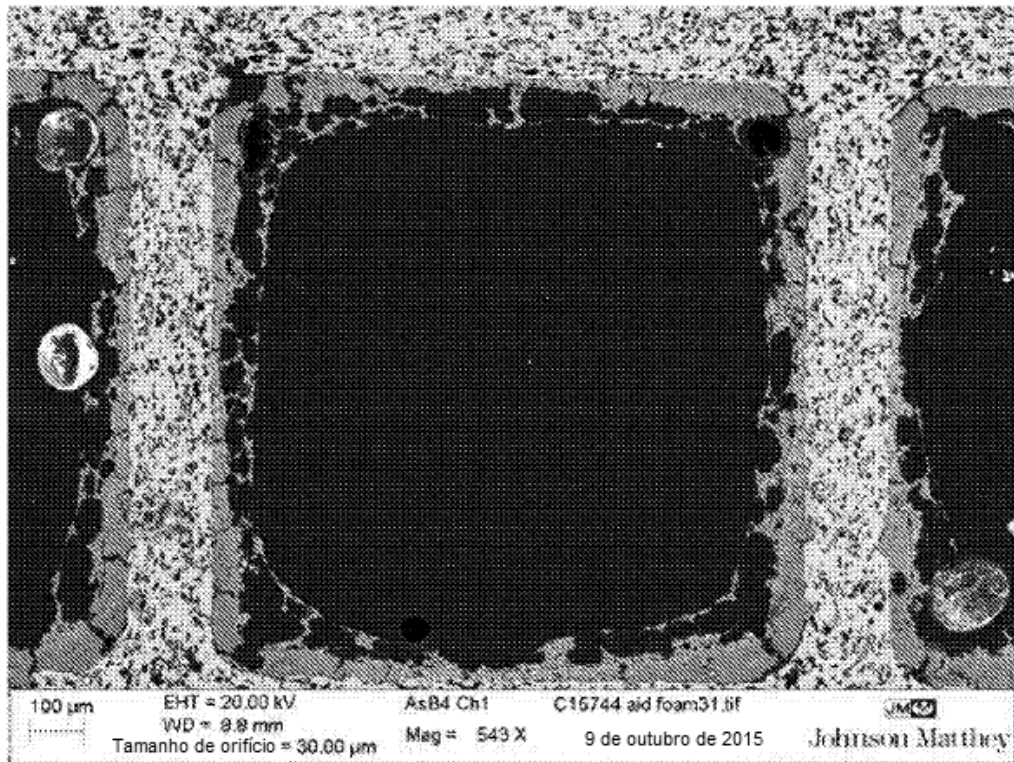


9a Imagem de Revestimento de Espuma

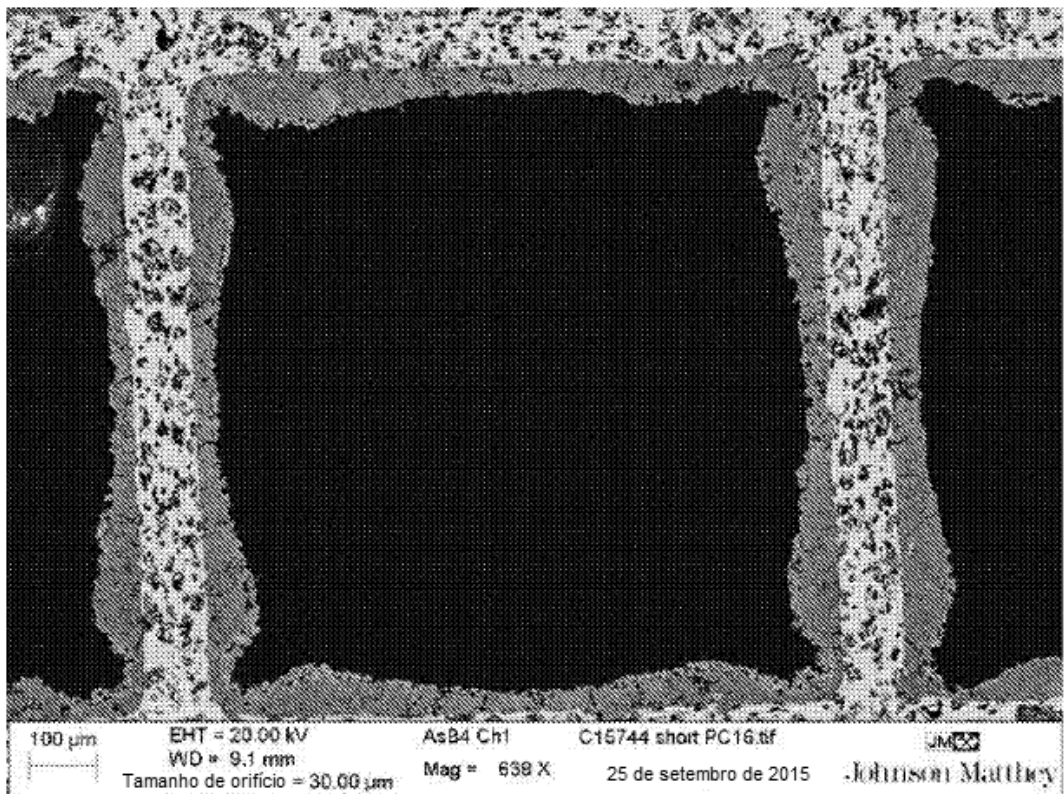


9b Imagem de Revestimento Padrão

Figura 10



10a SEM de Revestimento de Espuma



10b SEM de Revestimento Padrão

Figura 11

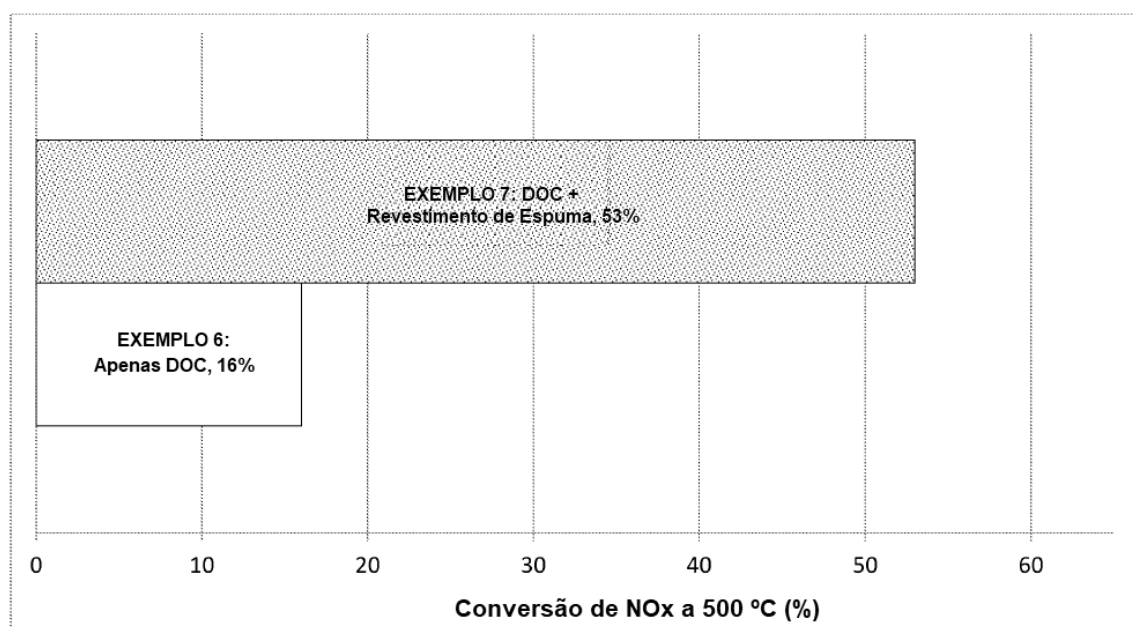


Figura 12

