

(12) PEDIDO INTERNACIONAL PUBLICADO SOB O TRATADO DE COOPERAÇÃO EM MATÉRIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organização Mundial da Propriedade Intelectual
Secretaria Internacional



(43) Data de Publicação Internacional
15 de Junho de 2017 (15.06.2017) WIPO | PCT

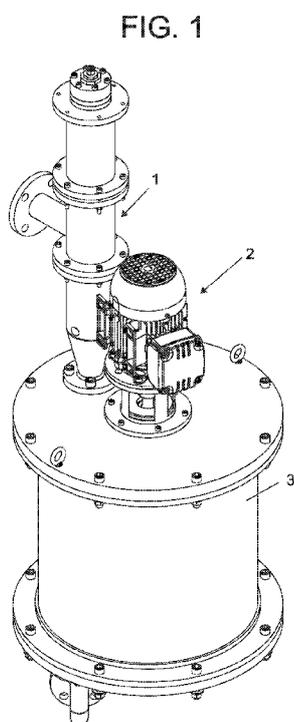
(10) Número de Publicação Internacional
WO 2017/096444 A1

- (51) Classificação Internacional de Patentes :
B01F 5/06 (2006.01) *B01F 3/04* (2006.01)
B01F 7/16 (2006.01) *C02F 1/74* (2006.01)
- (21) Número do Pedido Internacional : PCT/BR2016/050266
- (22) Data do Depósito Internacional : 21 de Outubro de 2016 (21.10.2016)
- (25) Língua de Depósito Internacional : Português
- (26) Língua de Publicação : Português
- (30) Dados Relativos à Prioridade :
BR 10 2015 030984 8
10 de Dezembro de 2015 (10.12.2015) BR
- (72) Inventores; e
- (71) Requerentes : STEINER, Samar Dos Santos [BR/BR];
Rua Doutor Homem de Melo, 884 - Apto. 1, Perdizes,
05007-002 São Paulo - SP (BR). DE OLIVEIRA, Edson
Luiz [BR/BR]; Rua Professor Cristiano Wolkart, 411,
Centro, 13276-005 Valinhos - SP (BR). BARBARA,
Marcelo [BR/BR]; Rua Antenor de Freitas, 74, Parque dos
Príncipes, 05396-010 São Paulo - SP (BR).
- (74) Mandatário : VILAGE MARCAS E PATENTES
LTDA; Rua XV de Novembro, 3171 - 3º Andar - Sala 31,
Centro, 15015-110 São José do Rio Preto / SP (BR).
- (81) Estados Designados (sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção nacional existentes) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(Continua na página seguinte)

(54) Title : APPARATUS, SYSTEM AND METHOD FOR GENERATING NANOBUBBLES FROM GASES AND LIQUID SOLUTIONS

(54) Título : APARATO, SISTEMA E MÉTODO DE GERAÇÃO DE NANO BOLHAS A PARTIR DE GASES E SOLUÇÕES LÍQUIDAS



(57) Abstract : A compact apparatus for generating nanobubbles is more efficient, technically, operationally and economically, for use in processes in all applications mentioned. The apparatus has an efficient nanobubble generator/stabiliser, capable of keeping the reagents for a longer period of time in the pollutant mass, by virtue of the gaseous nucleation effect. The nanobubbles are characterised by having a gaseous core and nanometric diameters. By their own nature, nanobubbles have a high specific surface area and high mass transfer efficiency. Nanobubbles are generated in the apparatus in two hydrodynamic cavitation stages. In the first stage, the liquid fluid is mixed with air or oxidising gases, forming macrobubbles, bubbles and ultrafine bubbles. In the second cavitation stage, an electric motor actuates a rotor that urges the fluids against a static, perforated device, causing the bubbles to collapse and nanobubbles to form and be dimensionally stabilised.

(57) Resumo : Propõe um aparato compacto de geração de nanobolhas que apresenta maior eficiência de ordem técnica, operacional e econômica para utilização em processos de todas as aplicações citadas. O aparato possui um eficiente gerador / estabilizador de nanobolhas, capaz de manter os reagentes durante mais tempo na massa de contaminantes

(Continua na página seguinte)



WO 2017/096444 A1



(84) **Estados Designados** (*sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção regional existentes*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasiático (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), Europeu (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicado:

— *com relatório de pesquisa internacional (Art. 21(3))*

pelo efeito de nucleação gasosa. As nanobolhas são caracterizadas por possuírem núcleo gasoso e diâmetros nanométricos. Por sua natureza, nanobolhas possuem uma elevada área de superfície específica e alta eficiência de transferência de massa. A geração de nanobolhas no aparato ocorre em dois estágios de cavitação hidrodinâmica. No primeiro estágio ocorre a mistura do fluido líquido com o ar ou gases oxidantes, formando macrobolhas, bolhas e bolhas ultrafinas. No segundo estágio de cavitação, um motor elétrico aciona um rotor que força os fluidos contra um dispositivo estático e perfurado, provocando colapso das bolhas e formação e estabilização dimensional das nanobolhas.

APARATO, SISTEMA E MÉTODO DE GERAÇÃO DE NANO BOLHAS A PARTIR DE GASES E SOLUÇÕES LÍQUIDAS

Campo da Invenção e Breve Apresentação

[0001] O presente relatório descritivo de Patente de Invenção refere-se a soluções líquidas, gases, nano bolhas e a um sistema e um método de produção de nano bolhas a partir de gases e soluções líquidas.

[0002] um gerador de nano bolhas, um sistema e um método de produção de nano bolhas para produção em alta vazão de soluções líquidas e fluidos, contendo substancialmente elevada concentração de nano bolhas.

[0003] O gerador de nano bolhas possui um venturi acoplado à sua porção superior que gera, a partir de uma fonte líquida/ gasosa, uma solução líquida contendo macro, micro e nano bolhas. Esta solução gerada no venturi é enviada ao interior do gerador de nano bolhas. Este possui um rotor que é girado por um motor elétrico e está posicionado longitudinalmente na câmara do aparato. A base do rotor há acoplado uma hélice de desenho conhecido que ao girar produz uma força inercial centrífuga na solução presente que é direcionada para colidir contra um anel circular permeável.

[0004] Este anel possui constituição que varia de material cerâmico, metálico a nitreto de silício, dependendo da necessidade da dimensão da partícula gerada. O tamanho, a densidade, bem como a geometria dos orifícios traz as vantagens de poder haver presença fração sólida proveniente da solução líquida que podem transpassar os orifícios do anel, variando a dimensão de orifícios para a passagem de fluidos não condensáveis.

[0005] A solução líquida ao transpassar pelo anel permeável produz soluções líquidas e fluidas de elevada concentração de nano bolhas com características estáveis e propriedades paramagnéticas.

Campo de Aplicação

[0006] A invenção pode ser aplicada a todo e qualquer sistema primário de filtragem. As soluções contendo nano bolhas da presente invenção são estáveis e podem estar presentes nas soluções durante períodos de tempo substanciais.

[0007] Exemplos não limitativos de aplicações específicas:

- ✓ As soluções contendo nano bolhas da presente invenção podem ser armazenadas ou distribuídas para utilização e consumo.
- ✓ A solução contendo nano bolhas pode ser distribuída e armazenada em um recipiente de armazenamento, tal como um reservatório, ou reuso.
- ✓ A solução tratada e opcionalmente filtrada pelo sistema da presente invenção é eficaz na destruição ou redução substancial do crescimento de células, agentes patogênicos, vírus, bactérias, fungos, esporos e moldes, assim como melhora a qualidade global dos líquidos de origem.
- ✓ O gerador de nano bolha pode ser integrado com vários sistemas de líquidos para o tratamento de muitos tipos de líquido fonte.
- ✓ Estes sistemas de líquido podem incluir aquecedores de água, refrigeradores de água, sistemas de água potável, sistemas de saneamento de água, amaciadores de água, trocadores iônicos e congêneres.
- ✓ Sistemas líquidos que incorporam um gerador nano bolha podem ser utilizados no processamento de alimentos, petróleo, solventes e indústrias médico-científicas.
- ✓ Método de redução do teor de amônia no estrume de aves e outros animais. Este método consiste em proporcionar as aves uma solução líquida contendo nano bolhas.
- ✓ Método de remoção de metais pesados a partir de uma solução de entrada no aparato, sistema.
- ✓ As soluções geradas na presente invenção incluem – um aumento no potencial de oxidação-redução (ORP), que é relativamente mais elevado do que no líquido fonte usado para gerar a solução contendo nano bolhas da presente invenção.
- ✓ Solução compreendendo uma mistura de um líquido e um gás. O aspecto da solução contendo nano bolhas da presente invenção, a componente gasosa da mistura é selecionada a partir de um grupo de substâncias: azoto, oxigênio, dióxido de carbono, ozônio, etanol, metanol e hidrogênio.
- ✓ Fonte de solução líquida originária no gerador de nano bolhas, sistemas e métodos de qualquer uma das formas de realização acima é aplicável sem a utilização de gases externos.

- ✓ A solução líquida utilizada no gerador de nano bolhas, sistemas e métodos de qualquer uma das formas de realização aplicáveis acima é desprovida de micro ou nano bolhas.
- ✓ Chuveiros residenciais e industriais de nano bolhas que produzem 70% de economia de água, obtidos pelo aumento da superfície de contato com a pele ou outra superfície.

[0008] Exemplos não limitativos de aplicações gerais:

A) Indústria da água

- ✓ Água engarrafada.
- ✓ Água com gás.
- ✓ Água aromatizada.
- ✓ Unidades de preparação de água.
- ✓ Refrigerantes.
- ✓ Água para banhos (spas, Jacuzzis, piscinas, unidades de filtragem).
- ✓ Água para uso em irrigação de hortaliças, plantas, árvores, culturas em geral.
- ✓ Água utilizada na fabricação de detergentes.
- ✓ Água utilizada na criação de gado e animais em geral.
- ✓ Água para agricultura.

B) Laticínios e relacionados:

- ✓ Leite.
- ✓ Queijo.
- ✓ Creme.
- ✓ Manteiga.
- ✓ Sorvete.

C) Indústria de bebidas alcoólicas:

- ✓ Cervejaria.
- ✓ Cocktails.
- ✓ Destiladas.

D) Produção de etanol e açúcar

E) Indústria de gelo e relacionados:

- ✓ Cubos de gelo.
- ✓ Gelo embalagem.

✓ Gelo industrial.

F) Indústria Frigorífica e relacionados:

- ✓ Carne bovina.
- ✓ Carne suína.
- ✓ Peixe.
- ✓ Aves.
- ✓ Carne congelada.
- ✓ Carne defumada.
- ✓ Carne em conserva.

G) Higiene pessoal:

- ✓ Creme dental.
- ✓ Enxaguantes.
- ✓ Gel.
- ✓ Lavagens dentários.
- ✓ Preparações para limpeza de dentadura.
- ✓ Água para utilização em consultório odontológico.

H) Cosméticos e relacionados:

- ✓ Lava olhos.
- ✓ Água para fabricação de produtos cosméticos.
- ✓ Água para fabricação de produtos farmacêuticos e medicinais.

I) Vapor e relacionados:

- ✓ Geradores de vapor.
- ✓ Água para utilização na fabricação de vapor.
- ✓ Serviços de drenagem por gravidade assistida por vapor.
- ✓ Água para saneamento de vapor e de limpeza a vapor.
- ✓ Vapor para uso na extração de óleos de depósitos de petróleo.

J) Limpeza e relacionados:

- ✓ Todas as preparações para propósito de limpeza.
- ✓ Máquinas para limpeza de superfícies com água de lata pressão.
- ✓ Máquinas de lavar louças.
- ✓ Limpeza de carpetes e tapetes.
- ✓ Limpeza de edifícios.

- ✓ Máquinas de lavar roupas.
- ✓ Limpeza de pele, cuidados e reparação.
- ✓ Limpeza de joias.
- ✓ Limpeza de couros.
- ✓ Limpeza de piscinas.
- ✓ Limpeza de veículos em geral (carros, motocicletas, caminhões, ônibus, trens, navios, aviões)

L) Óleos e relacionados:

- ✓ Antiferrugem/ petróleo.
- ✓ Óleo de bebê.
- ✓ Óleo de banho.
- ✓ Catalisadores para utilização no processamento de petróleo.
- ✓ Aditivos químicos para fluido de perfuração de poço de petróleo.
- ✓ Óleo de cozinha.
- ✓ Fluidos para perfuração de poços de petróleo.
- ✓ Lama de perfuração para perfuração de poços de petróleo.
- ✓ Fluidos auxiliares para abrasivos na indústria do petróleo.
- ✓ Sistema de jateamento de água de alta pressão para a indústria de gás e petróleo.
- ✓ Óleo comestível.
- ✓ Aumento da octanagem do óleo combustível com conseqüente redução do consumo.
- ✓ Óleo de aquecimento.
- ✓ Óleo industrial.
- ✓ Óleo isolante para transformadores.
- ✓ Óleo mineral.
- ✓ Óleo de motor.
- ✓ Aditivos de óleo de motor.
- ✓ Óleo para ser utilizado na fabricação de velas.
- ✓ Óleo para utilização na fabricação de produtos cosméticos.
- ✓ Óleo para utilização na fabricação de tintas.
- ✓ Óleo para madeira.

- ✓ Combustível diesel.
- ✓ Combustível para aviação.
- ✓ Aditivos para combustíveis.
- ✓ Combustível para aquecimento doméstico.

M) Relacionados à saúde:

- ✓ Meio de contraste visando a melhoria do sinal ecocardiográfico.
- ✓ Proteína para utilização como um aditivo alimentar.
- ✓ Proteína para utilização como um material de enchimento alimentar.
- ✓ Água para utilização na purificação de proteínas.
- ✓ Suplementos nutricionais para aumento da massa corpórea.
- ✓ Suplementos nutricionais para a saúde geral e bem-estar.
- ✓ Processados em água, proteína animal e vegetal.
- ✓ Aumento de oxigenação na cura do câncer.
- ✓ Fabricação de tintas e pigmentos.
- ✓ Tintas a base de óleo.
- ✓ Tintas a base de água.
- ✓ Água para utilização na fabricação de solventes.
- ✓ Água para utilização na fabricação de tintas.

N) Serviços:

- ✓ Remediação ambiental de solos e águas subterrâneas.
- ✓ Serviços de tratamento de águas residuais.
- ✓ Gestão da água e esgoto.
- ✓ Reuso de água e tratamento de efluentes.
- ✓ Serviços de controle de qualidade da água.
- ✓ Serviços relacionados com a administração de estratégias de purificação de água.
- ✓ Locação de equipamentos de purificação de água.
- ✓ Arrendamento de equipamentos de purificação de água.
- ✓ Serviços de consulta de saneamento de alimentos.
- ✓ Engenharia de saneamento.

O) Toda a cadeia de papel e celulose.

P) Indústria de aeração e aumento de oxigênio dissolvido na água.

Convencimento

[0009] O aparato, sistema e método de geração de nano bolhas da presente invenção conforme fartamente exposto acima pode ser enquadrado no rol de tecnologias verdes, pois tem aplicação prática nos seguimentos abaixo:

- ✓ Tratamento de águas residuais e ou esgoto.
- ✓ Materiais para tratamento de líquidos poluentes.
- ✓ Remoção de poluentes de águas a céu aberto.

[0010] A invenção possui como característica principal a execução de mudanças físicas em soluções líquidas que ao passarem pelo aparato tomam novas propriedades que aumentam substancialmente a concentração de oxigênio dissolvido, que se apresenta de grande utilidade nos processos de tratamento de fontes contaminadas ou fontes com necessidades de aumento do seu ciclo de vida, isso sem nenhuma aditivação química.

[0011] A tecnologia proposta por meio desta invenção promove a otimização de sistemas de tratamento de água. Este fato é apoiado principalmente nas seguintes propriedades:

- ✓ Aumento geométrico da superfície de contato promovido pela geração de nano bolhas incrementado a cinética da reação.
- ✓ Geração de nano bolhas com composição de diferentes gases e líquidos, promovendo uma eficiência química muito mais agressiva.
- ✓ Quando comprada com macro e micro bolhas, com estabilidade de no máximo algumas horas, a nano bolha propicia um tempo muito superior de permanência no meio. Esta característica permite um tratamento de água bem mais eficiente e eficaz.

[0012] Neste contexto, a utilização da presente invenção nos setores de tratamento de água, efluentes industriais e tratamento de esgoto vem de encontro à necessidade de reforçar os esforços para a promoção de uma infraestrutura mais sustentável no tocante ao uso da água, empregando processos de planejamento sólido e abrangente para entrega de projetos que sejam rentáveis ao longo do seu ciclo de vida, eficiente na utilização dos recursos existentes e coerente com os objetivos de sustentabilidade da comunidade.

[0013] O uso de tecnologias verdes e práticas sustentáveis é um dos maiores desafios para o desenvolvimento do futuro setor da água e essencial para a proteção da saúde humana e do ambiente ao ter como metas a obtenção de água limpa e segura. Sendo assim, os modelos de negócios verdes promovem bases sólidas para criação de valores de mercado.

[0014] A presente invenção permite uma abordagem baseada no entendimento do problema, ao possibilitar a utilização de soluções apropriadas à necessidade de uso, economia de energia para os consumidores finais, e incentivo na mudança de direção a um comportamento mais sustentável.

[0015] Os impactos ambientais de um modelo de negócio verde são variáveis, mas de forma geral ajudam a melhorar a eficiência energética, diminuem a utilização de matérias-primas necessárias e escassas, bem como promovem o aumento da utilização de energia renovável.

[0016] As mudanças que ocorrem nas soluções que passam pela invenção promovem um tratamento com a otimização de recursos (químicos e/ ou infraestrutura), contribuindo com a economia nos custos de tratamento presente e futuro, trazendo um tratamento mais eficiente, eficaz e seguro, desta forma se enquadrando perfeitamente no tripé de sustentabilidade como uma tecnologia que traz benefícios tanto econômicos, como sociais e ambientais.

Antecedentes da Técnica

[0017] No atual estado da técnica já foram propostos vários métodos para gerar microbolhas, bolhas ultra finas e nano bolhas, entre eles:

[0018] Meios de transporte de gás – em que um gás é forçado a passar através de micro poros de tubo de dispersão de gás em líquido.

[0019] Métodos em que uma vibração com uma frequência não superior a 1 kHz é aplicada a um corpo poroso, enquanto um gás é conduzido para um líquido através do corpo poroso.

[0020] Métodos de geração de bolhas que utilizam ultrassons.

[0021] Métodos por agitação em que as bolhas são geradas por cisalhamento, agitando um líquido e um gás.

[0022] Métodos em que um gás sob pressão é dissolvido num líquido, seguido de redução de pressão, a fim de gerar bolhas de gás dissolvido e supersaturado.

[0023] Métodos de formação de espuma química na qual as bolhas são criadas através da geração de um gás num líquido por uma reação química (ver, por exemplo, em Clift, R. et al., “Bolhas. Gotas, e partículas”, Academic Press (1978), e Hideki Takushoku, “Progress em Engenharia Química. 16 Bolha, Gota, e Dispersão Engineering”, Maki Shoten. 1 (1982)).

[0024] No entanto, estes métodos, excluindo métodos que geram microbolhas e bolhas ultrafinas utilizando micro-ondas, não só têm dificuldade de produção de bolhas muito finas com diâmetros de bolhas na ordem nanômetros, mas também sofrem com o problema de estabilidade prejudicada devido a um diâmetro das bolhas não uniforme. Além disso, é também extremamente difícil nos métodos supracitados, ajustar livremente o diâmetro da bolha.

[0025] No documento de patente WO 2013183891 intitulado “*Ultrafine bubble generating device*” – esta patente refere-se a um dispositivo de geração de bolha ultrafina para o tratamento biológico de águas contaminadas, que utiliza o efeito de elevação de ar para difundir água contaminada misturada com microbolhas ao longo de um tanque de reação, de modo a fornecer oxigênio dissolvido para as bactérias que decompõem a matéria orgânica e prevenir o acúmulo de lodo no fundo do tanque de reação. Além disso, é utilizado um método de cavitação, em que o fluido é acelerado a fim de gerar mais microbolhas usando uma pequena quantidade de energia. A porção de microbolhas gerada entra em atrito com a água contaminada em uma superfície lisa feita de materiais duráveis, de modo a ser vantajoso em termos de controle de manutenção.

[0026] O documento de patente WO 2011013706 A1 intitulado “*Super-micro bubble generation device*”, propõe um dispositivo de geração de microbolhas que pode gerar microbolhas usando um método simples, e pode ser instalado de forma que proporciona um grau mais elevado de liberdade de instalação, para permitir que o dispositivo concebido possa ser instalado em um lugar onde satisfaça as exigências funcionais, normalmente no fundo de um tanque de reação. O dispositivo de geração de microbolhas é composto por um compressor para fornecimento de gás sob pressão. O gás é admitido em um dispositivo de dispersão e geração de bolhas para descarregar o gás, que tem sido entregue sob pressão, como microbolhas no líquido. O meio de geração de bolhas é constituído por um composto de alta densidade que é

uma substância eletricamente condutora. O dispositivo de geração de microbolhas também é fornecido como uma bomba de recirculação e um dispositivo de jato de líquido direcionado perpendicularmente à direção de descarga das microbolhas geradas.

[0027] O documento de patente US8186652 B2 intitulado “*Gas and liquid mixture generation apparatus*”, propõe um aparelho constituído de uma estrutura simples e capaz de gerar finas bolhas de ar. Inclui um corpo que tem um espaço interno tipo coluna circular definida por uma superfície interior cilíndrica e as superfícies interiores circulares. Pelo menos uma seção cilíndrica interna pode ser disposta no interior do espaço interno com direcionamento para fora da superfície interna cilíndrica. Uma primeira seção de introdução de fluido pode injetar o primeiro fluido para dentro de um espaço tubular entre a superfície interior cilíndrica e o membro cilíndrico interno para uma direção circunferencial. Uma segunda seção de introdução de fluido e uma porta de descarga de gás e mistura de líquido pode ser disposta nas superfícies interiores circulares, respectivamente. Os componentes deste equipamento são estáticos.

Objetivos da Invenção

[0028] Tendo em vista superar as dificuldades supracitadas, a presente invenção tem por objetivo utilizar o princípio da cavitação obtido por meio de um aparato que promove variações de velocidade do fluxo propiciando cisalhamento entre dois fluidos.

[0029] Também é objetivo da invenção promover a nucleação de uma variedade de gases oxidantes/ redutores que podem ser utilizados para diversas finalidades, tais como: tratamento de efluentes, tratamento de águas para reuso, remediação de áreas contaminadas por fluidos nocivos ao ambiente (hidrocarbonetos, álcoois, entre outros), piscicultura para oxigenação de água, desinfecção de alimentos.

[0030] É objetivo da invenção propor uma eficaz transferência de massa no meio contaminado, uma vez que as nano bolhas geradas possuem elevada área superficial. Esta característica de transferência de massa aumenta a capacidade de oxidação e/ ou redução dos elementos contaminantes existentes no meio a ser tratado. A estabilidade da nano bolha proporciona a adsorção dos contaminantes sobre sua superfície. Também oferecem uma elevada taxa de transferência de

oxigênio nas lagoas de aeração e nas plantas de tratamento de efluentes.

[0031] É objetivo da invenção proporcionar a geração de bolhas nanométricas com tamanhos bastante uniformes, alta concentração e alto fluxo de geração, possibilitando vantagens de uso em comparação aos processos tradicionais e conhecidos do estado da técnica. Isto é propiciado pela geometria de um compartimento responsável pela nucleação e estabilização do tamanho das bolhas geradas.

[0032] Por fim, é objetivo da invenção provocar a nucleação gasosa, a qual possibilita a utilização de uma vasta variedade de oxidantes e / ou redutores na forma de gás, com elevada eficiência de dissolução ao meio contaminado.

Descrição Resumida da Invenção

[0033] A invenção consiste de um aparato gerador de nano bolhas e um método de geração de nano bolhas, que através da utilização de um cavitador hidrodinâmico acoplado à parte superior do aludido aparato, conduz o fluido para uma câmara que possui um rotor na parte inferior capaz de girar uma hélice, de desenho conhecido, que por força centrífuga colide o fluido com uma tela acoplada no interior de uma câmara. Tal tela possui orifícios de dimensões controladas que podem variar de micrométricas a nanométricas (dependendo da aplicação), com geometria côncava na face interna, constricção plano-paralela e geometria convexa na face externa, gerando assim as bolhas nanométricas em sua saída.

[0034] A geração de microbolhas já foi testada em diferentes processos das áreas de aplicação citadas neste relatório, notadamente nos processos de tratamento de efluentes, reuso de águas e descontaminação ambiental de solos e águas subterrâneas, em que a tecnologia de geração de microbolhas ou bolhas ultrafinas tem como função o aumento da superfície de contato entre reagentes, melhorando a cinética química e aumentando a estabilidade destes reagentes nos processos de tratamento.

[0035] O aparato de microbolhas é um cavitador hidrodinâmico que por meio de Venturi realiza um processo de elevação da turbulência da mistura gás-líquido, provocando o colapso de macrobolhas transformando-as em microbolhas, aumentando a estabilidade com o aumento da tensão superficial das estruturas geradas.

[0036] É sabido que cavitação hidrodinâmica ocorre quando a pressão num ponto em um líquido é momentaneamente reduzida abaixo da sua pressão de vapor devido a alta velocidade de fluxo. Com base na Lei de Henry, a fração de gás dissolvido em água a uma temperatura é proporcional à pressão parcial do gás. Então, o aumento na pressão causa um aumento na solubilidade de gases em líquido (BOUATFI et al., 2001).

[0037] A cavitação hidrodinâmica está bem descrita pela equação de Bernoulli:

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 = C$$

Onde:

$C = \text{constante}$

$P = \text{pressão do ponto}$

$\rho = \text{densidade}$

$v = \text{velocidade no ponto}$

Onde se indica que a pressão será negativa quando a velocidade do fluxo de água (v) exceder a:

$$\sqrt{\frac{2C}{\rho}}$$

[0038] Assim, tendo reduzida a pressão o excesso de ar se precipita na forma de microbolhas e bolhas ultrafinas. O volume de ar que pode ser precipitado por volume de água depende alguns fatores:

- ✓ Características físicas e forma de operação do equipamento saturador que interfere na eficiência da saturação.
- ✓ Composição do ar saturado. Maior pressão parcial do nitrogênio no ar pode reduzir a quantidade de ar saturado.
- ✓ Da eficiência da liberação do ar.

[0039] As cavidades ou núcleos gasosos formados requerem tempo para atingir o tamanho de microbolhas após a pressão ser reduzida na constrição (RIKAART, 1995 apud FAN et. al, 2010). Sendo assim, é possível afirmar que o processo de formação das microbolhas envolve duas etapas: a nucleação e o crescimento. Ainda segundo RIKAART (1995), o fenômeno de “dessorção” do gás dissolvido com formação de bolhas é frequentemente chamado cavitação ou nucleação.

[0040] Núcleos gasosos (cavidades) podem ser gerados de acordo com os princípios de cavitação, por um forte cisalhamento, ou alta turbulência, e alta velocidade de

fluido. Estes fenômenos ocorrem em constritores de fluxo, os quais criam flutuações de pressão necessárias no seio do líquido para que, em alguns pontos, a pressão local diminua até o valor de pressão de vapor de água (ZHOU et al., 1994 apud FAN et al., 2010).

[0041] O tamanho crítico da coalescência das microbolhas é da ordem de 50 a 65 μ . O cisalhamento e a turbulência, gerada pelo aparato, reduz bolhas a macrobolhas aumentando sua concentração no meio fluídico.

Vantagens da Invenção

[0042] Em suma, a invenção pleiteada apresenta como vantagens mais preponderantes:

- ✓ Geração de nanobolhas em alta concentração e alto fluxo e vazão.
- ✓ Facilidade de acoplamento de tecnologias químicas e aeração em lagoas de efluentes; tratamento de águas para reuso; remediação de áreas contaminadas; na oxigenação de ambientes de piscicultura, dentre as demais aplicações.
- ✓ O gerador de nanobolhas flexibiliza o tratamento de efluentes, tratamento de águas para reuso e remediação de áreas contaminadas, independente de volume a ser tratado, bastando instalar outras unidades de geração.
- ✓ Por ser um sistema compacto, o gerador de nano bolhas viabiliza a descontaminação do meio sem a necessidade de interrupção dos processos produtivos e/ ou comerciais.
- ✓ O gerador de nano bolhas possui elevada capacidade de transferência de massa de nano bolhas geradas, evitando o efeito hidráulico de deslocamento da pluma de contaminantes, fato comum em processos convencionais de remediação *in situ* em que ocorre a injeção de líquidos.
- ✓ O gerador de nano bolhas permite a mistura de soluções automaticamente, variando concentrações e formulações em tempo real conforme a necessidade operacional do processo de tratamento do efluente, águas para reuso e áreas contaminadas.
- ✓ O gerador de nano bolhas permite o controle automatizado de vazão dos agentes químicos, líquidos, gases, bem como a medição das variáveis resultantes da aplicação, permitindo rapidamente a correção dos parâmetros de processo tais

como pressão, temperatura, gases dissolvidos, oxirredução provocados pelas reações dos reagentes com os contaminantes.

- ✓ O gerador de nano bolhas permite a aplicação de quaisquer tipos de soluções, quais sejam elas líquidas como fina camada de nanobolhas e/ ou gasosas na forma de nucleação do reagente gasoso por uma fina camada líquida na formação e nanobolhas, e desta forma obtém-se a efetividade no tratamento de águas contaminadas.

Descrição das Figuras

[0043] Para um melhor entendimento da invenção, ora proposta, faz-se referência às figuras em anexo, onde estão demonstradas de forma ilustrativa e não limitativa:

Figura: 1: Vista em perspectiva do aparato gerador de nano bolhas ilustrando os principais componentes.

Figura 2: Vista em corte lateral do aparato gerador de nano bolhas ilustrando a entrada e a saída (corte A-A e B-B).

Figura 3: Detalhe do corte B-B ilustrando o 1º estágio de cavitação hidrodinâmica mostrando os elementos internos, o venturi e o feixe tubular.

Figura 4: Detalhe do corte A-A ilustrando o 2º estágio de cavitação hidrodinâmica mostrando os elementos internos.

Figura 5: Vista lateral do elemento estático perfurado com detalhe ampliado dos furos da tela com o sentido de fluxo.

Descrição Detalhada de Realizações Preferenciais da Invenção

[0044] Mais particularmente, a invenção reivindicada conforme ilustrado na figura 1 se refere a um aparato gerador de nanobolhas, que compreende um primeiro estágio de cavitação (1), um motor elétrico (2) de acionamento do segundo estágio de cavitação hidrodinâmica (3), e saída da mistura gás/ líquida (3A) para utilização em processos de tratamento de efluentes, águas para reuso e remediação de áreas com água contaminada por produtos nocivos ao ambiente, que maior eficiência na ordem técnica, operacional e econômica relacionado aos processos atuais de tratamento e de aeração em processo de descontaminação de águas residuárias domésticas e de processos industriais em estações de tratamentos de efluentes.

[0045] A figura 2 mostra o processo que compreende dois estágios de cavitação hidrodinâmica. No primeiro estágio, um dispositivo para cavitação hidrodinâmica (1)

proporciona um diferencial de pressão entre o ponto de entrada do líquido (1A) e da admissão de ar e/ ou gases (1B). O feixe tubular (1C) possui tubos com geometria que geram micro turbulência no fluido e colapso das bolhas e microbolhas formadas no estágio anterior, acelerando o processo de nucleação gasosa. O segundo estágio de cavitação hidrodinâmica compreende um corpo estático (3) que aloja um dispositivo rotativo com aletas (4), que promovem efeito de aceleração helicoidal e centrífugo do fluido sendo acionado pelo motor (2).

[0046] O corte da figura 3 mostra um elemento venturi (7) de admissão de fluido líquido pela entrada (1 A). O fluido gasoso é admitido pela entrada (1B) em uma região de restrição do injetor de água. A variação de pressão e velocidade entre dois fluidos dentro do dispositivo proporciona o efeito de cavitação hidrodinâmica e como consequência a formação de bolhas, macrobolhas, microbolhas e uma parcela de nanobolhas. Este efeito hidrodinâmico, como já comentado, é regido pela equação de Bernoulli. O efeito de cisalhamento entre dois fluidos é potencializado no feixe tubular (8), que, regido pela mesma Lei da equação de Bernoulli, gera micro turbulência no fluido gás/ líquido colapsando as bolhas e microbolhas formadas no estágio anterior para dimensões menores.

[0047] O segundo estágio de cavitação hidrodinâmico (3), mostrado em corte na figura 4, compreende um acelerador helicoidal (4) que é um aparato composto por um motor (2) elétrico que aciona o rotor (9) do aludido acelerador helicoidal (4), em que seu desenho mecânico força o fluxo do fluido, por efeito centrífugo, contra aletas perfuradas (5) que estão dispostas verticalmente ao estator. O desenho do rotor (8) propicia um sentido helicoidal ao fluxo. A força centrífuga provocada pelo rotor (8) acelera as bolhas contidas no fluido forçando-as contra as aletas perfuradas (5) do estator. Este efeito físico provoca colapso das bolhas e microbolhas. A formação e estabilização de nanobolhas é obtida em um elemento estático perfurado (6) disposto logo após as aletas, onde o fluxo é forçado a passar pelos pequenos furos onde ocorre o segundo estágio de cavitação hidrodinâmica, reduzindo as partículas a níveis nanométricas.

[0048] A figura 5 ilustra o elemento estático perfurado (6) que consiste de uma tela cilíndrica com diferentes espessuras e com furos (6 A) de geometria que proporcione variação de velocidade e pressão em cada furo da tela cilíndrica. Este efeito em cada

furo provoca cisalhamento entre os fluidos líquidos e gasosos na saída da tela, colapsando bolhas com alto grau de estabilidade dimensional.

REIVINDICAÇÕES

1. **APARATO, SISTEMA E MÉTODO DE GERAÇÃO DE NANO BOLHAS A PARTIR DE GASES E SOLUÇÕES LÍQUIDAS, caracterizado** por compreender um dispositivo para cavitação hidrodinâmica (1) que proporciona um diferencial de pressão entre o ponto de entrada do líquido (1A) e da admissão de ar e/ ou gases (1B), promovendo variações de velocidade e pressão no seu interior provocando cisalhamento entre os fluidos gerando micro turbulência no fluido e colapso das bolhas e microbolhas acelerando o processo de nucleação gasosa; o segundo estágio de cavitação hidrodinâmica compreende um equipamento contendo rotor (9) e estator compreendendo dois elementos estáticos (5 e 6) que juntamente com o primeiro estágio gera nanobolhas com alta concentração e alta vazão por efeito de cavitação; e uma saída (3 A).
2. **APARATO, SISTEMA E MÉTODO DE GERAÇÃO DE NANO BOLHAS A PARTIR DE GASES E SOLUÇÕES LÍQUIDAS,** de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por possuir elemento venturi (7) e feixe tubular (8) com geometria dos tubos que promovem micro turbulência no fluido gás / líquido.
3. **APARATO, SISTEMA E MÉTODO DE GERAÇÃO DE NANO BOLHAS A PARTIR DE GASES E SOLUÇÕES LÍQUIDAS,** de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por possuir um rotor que propicia aceleração helicoidal e a força centrífuga que obrigam o gás/ líquido a passar por elementos estáticos (5 e 6) no estator.
4. **APARATO, SISTEMA E MÉTODO DE GERAÇÃO DE NANO BOLHAS A PARTIR DE GASES E SOLUÇÕES LÍQUIDAS,** de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por conter dispositivos estáticos perfurados (5) alocados verticalmente à linha de centro do eixo do rotor (9).
5. **APARATO, SISTEMA E MÉTODO DE GERAÇÃO DE NANO BOLHAS A PARTIR DE GASES E SOLUÇÕES LÍQUIDAS,** de acordo com a reivindicações 1 e 2, **caracterizado** por conter uma tela perfurada (6) em que os furos (6 A) possuem geometria que provoca cisalhamento do fluido gás / líquido, colapsando bolhas e macrobolhas para tamanhos de nanobolhas.

6. **APARATO, SISTEMA E MÉTODO DE GERAÇÃO DE NANO BOLHAS A PARTIR DE GASES E SOLUÇÕES LÍQUIDAS**, de acordo com a reivindicações 1 e 2, **caracterizado** por conter uma tela perfurada feita de materiais como cerâmicas, metais e nitreto de silício (Si_3N_4) com diâmetros de alguns nanômetros até alguns milímetros de acordo com a aplicação; os orifícios exibem fluxo molecular no intervalo de pressão de vácuo de até 10 kPa.

FIG. 1

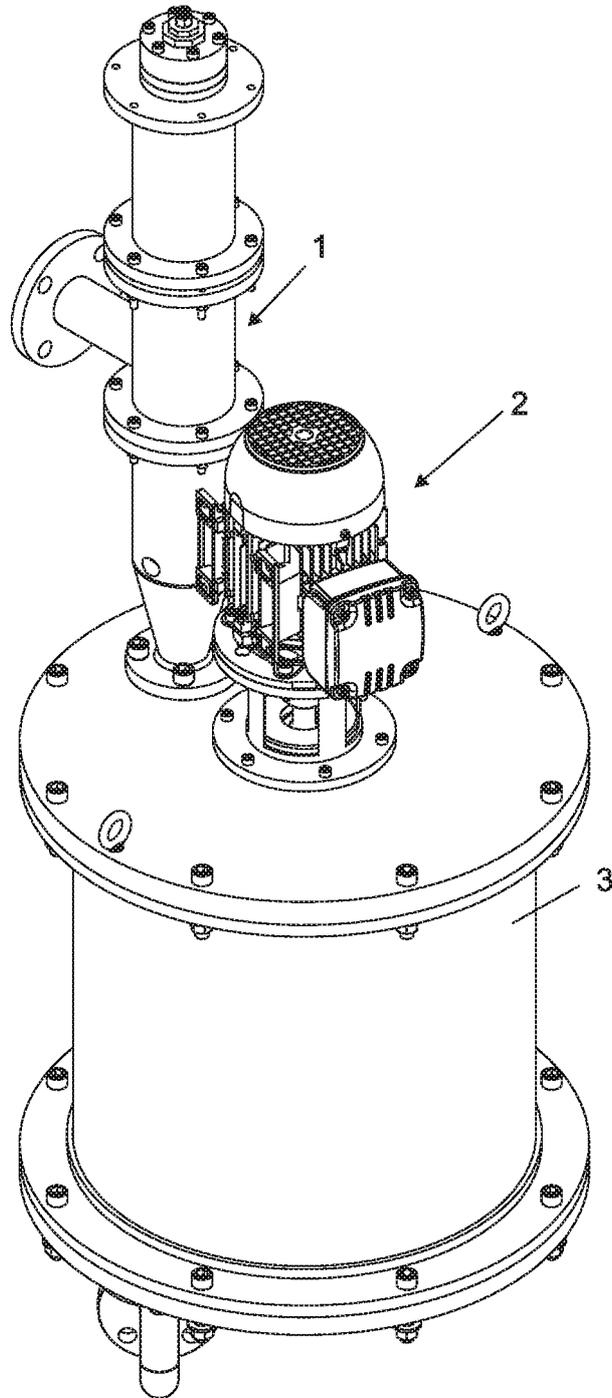


FIG. 2

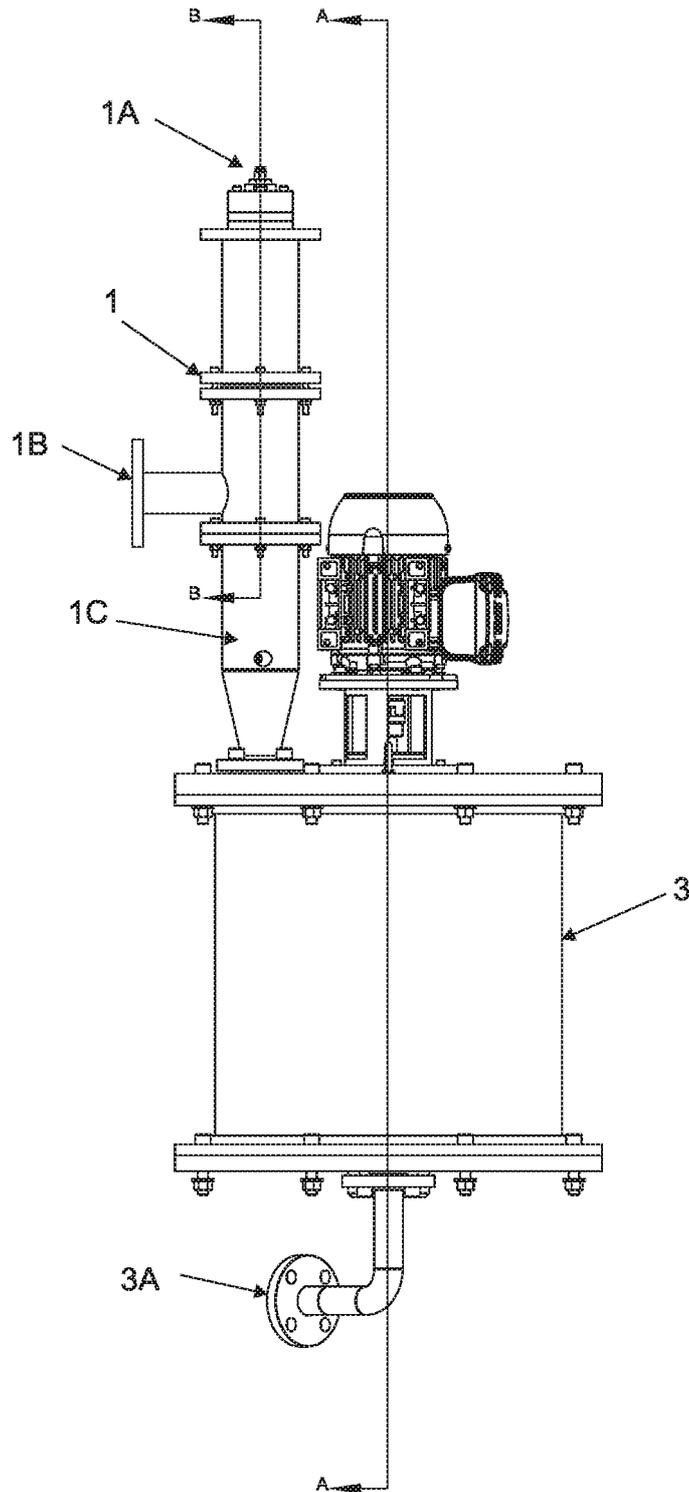


FIG. 3

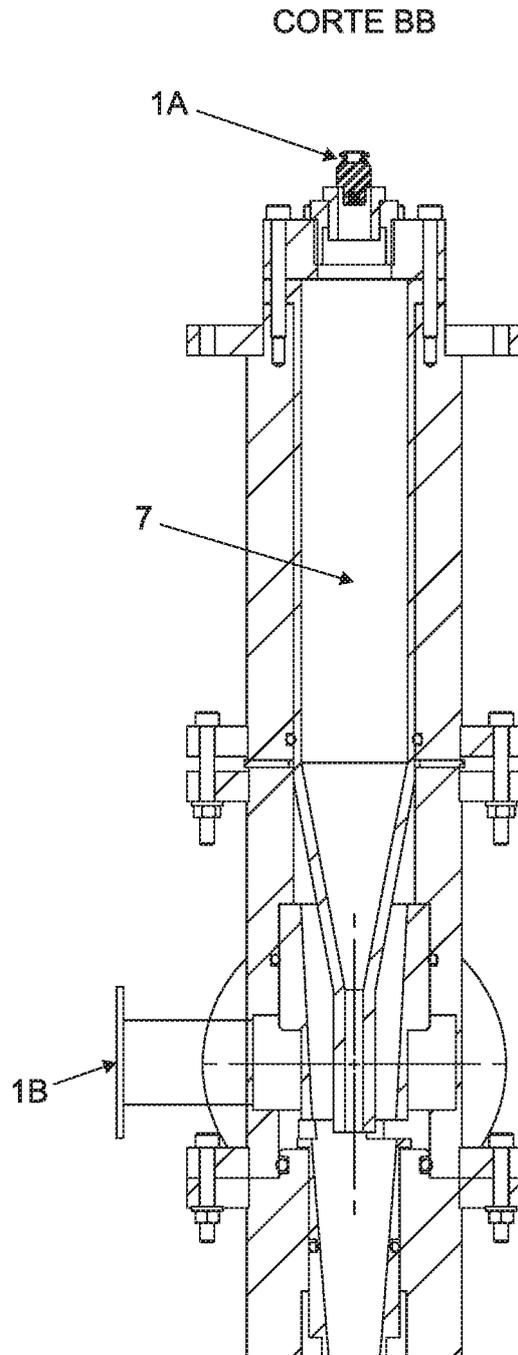


FIG. 4

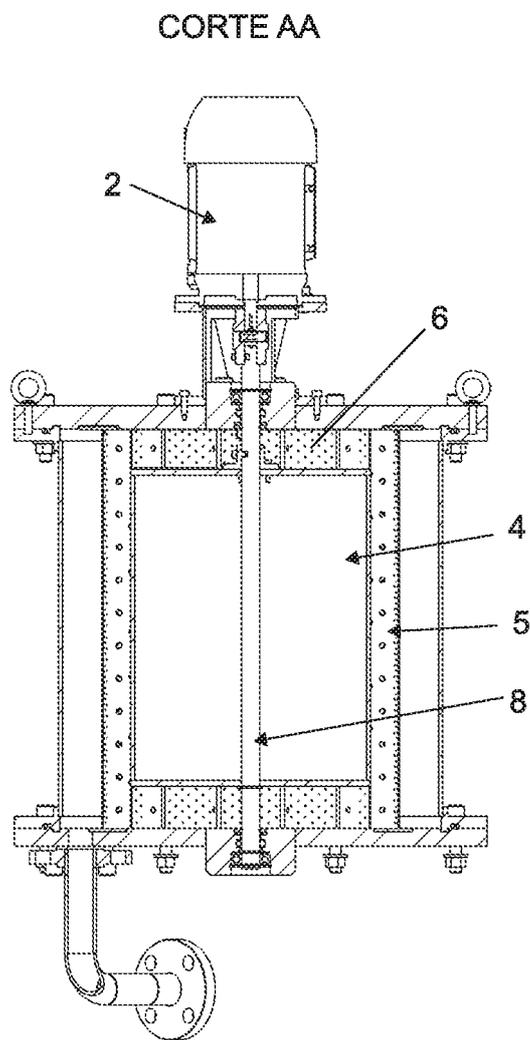
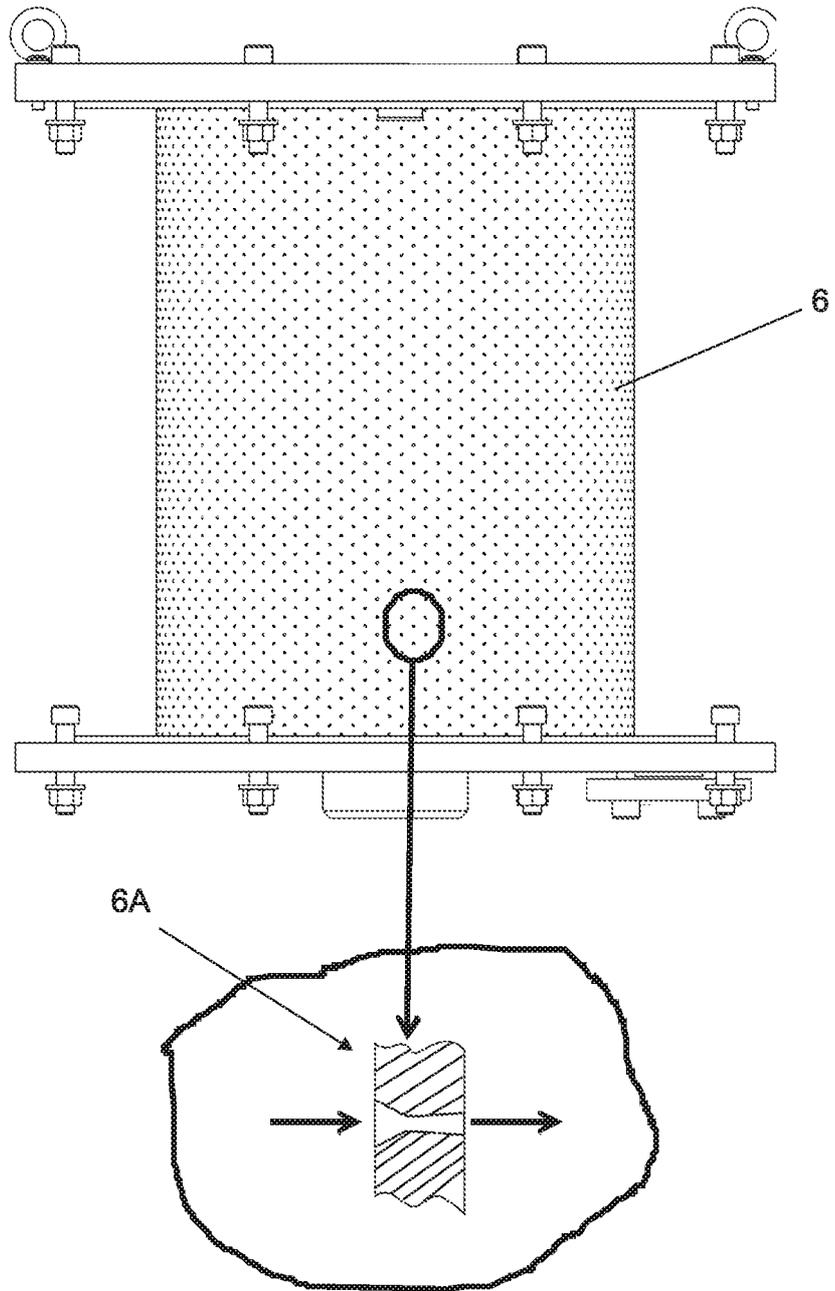


FIG. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/BR2016/050266

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC: B01F 5/06 (2006.01), B01F 7/16 (2006.01), B01F 3/04 (2006.01), C02F 1/74 (2006.01) CPC: B01F 5/0602, B01F 7/16, B01F 3/04106, C02F 1/74 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B01F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Base de Patentes INPI-BR		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Epodoc, Google Patents		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 20090027006 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 16 March 2009 (2009.03.16) *abstract and figures*	1 to 6
Y	CN 204661420 U (CHONGQING YZ ENVIORNMENTAL PROT TECHNOLOGY CO LTD) 23 September 2015 (2015.09.23) *abstract and figures*	1 to 6
Y	JP 2006136777 A (TOFLO CORP KK) 01 June 2006 (2006.06.01) *abstract and figures*	1 to 6
Y	FR 2765500 A1 (DENIS RENOUX PHILIPPE LEOPOLD [FR]) 08 January 1999 (1999.01.08) *the whole document*	1 to 6
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 24/11/2016		Date of mailing of the international search report 05/12/2016
Name and mailing address of the ISA/ INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL Rua Sao Bento nº 1, 17º andar cep: 20090-010, Centro - Rio de Janeiro/RJ		Authorized officer Gerlane Carla Honorato +55 21 3037-3493/3742
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/BR2016/050266

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2676011 A1 (DENIS RENOUX PHILIPPE [FR]) 06 November 1992 (1992.11.06) *the whole document*	1 to 6
A	----- KR 101304212 B1 (LEE CHUN WOO [KR]) 10 September 2013 (2013.09.10) *the whole document*	1 to 6
A	----- JP 2005124765 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 19 May 2005 (2005.05.19) *the whole document*	1 to 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/BR2016/050266

KR 20090027006 A	2009-03-16	KR 101279033 B1	2013-07-02
-----	-----	-----	-----
CN 204661420 U	2015-09-23	NONE	
-----	-----	-----	-----
JP 2006136777 A	2006-06-01	NONE	
-----	-----	-----	-----
FR 2765500 A1	1999-01-08	FR 2765500 B1	1999-09-24
-----	-----	-----	-----
FR 2676011 A1	1992-11-06	FR 2676011 B1	1993-10-22
-----	-----	-----	-----
KR 101304212 B1	2013-09-10	NONE	
-----	-----	-----	-----
JP 2005124765 A	2005-05-19	JP 3993156 B2	2007-10-17
		CN 1609331 A	2005-04-27
		CN 100351455 C	2007-11-28
		KR 20050039590 A	2005-04-29
		KR 100625380 B1	2006-09-18
		MY 137317 A	2009-01-30
		SG 111300 A1	2005-05-30
		TW 200521284 A	2005-07-01
		TW I263716 B	2006-10-11
-----	-----	-----	-----

RELATÓRIO DE PESQUISA INTERNACIONAL

Depósito internacional Nº

PCT/BR2016/050266

A. CLASSIFICAÇÃO DO OBJETO

IPC: B01F 5/06 (2006.01), B01F 7/16 (2006.01), B01F 3/04 (2006.01), C02F 1/74 (2006.01)
 CPC: B01F 5/0602, B01F 7/16, B01F 3/04106, C02F 1/74

De acordo com a Classificação Internacional de Patentes (IPC) ou conforme a classificação nacional e IPC

B. DOMÍNIOS ABRANGIDOS PELA PESQUISA

Documentação mínima pesquisada (sistema de classificação seguido pelo símbolo da classificação)

B01F

Documentação adicional pesquisada, além da mínima, na medida em que tais documentos estão incluídos nos domínios pesquisados

Base de Patentes INPI-BR

Base de dados eletrônica consultada durante a pesquisa internacional (nome da base de dados e, se necessário, termos usados na pesquisa)

Epodoc, Google Patents

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoria*	Documentos citados, com indicação de partes relevantes, se apropriado	Relevante para as reivindicações Nº
X	KR 20090027006 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 16 março 2009 (2009-03-16) *resumo e figuras*	1 a 6
Y	CN 204661420 U (CHONGQING YZ ENVIORNMENTAL PROT TECHNOLOGY CO LTD) 23 setembro 2015 (2015-09-23) *resumo e figuras*	1 a 6
Y	JP 2006136777 A (TOFLO CORP KK) 01 junho 2006 (2006-06-01) *resumo e figuras*	1 a 6
Y	FR 2765500 A1 (DENIS RENOUX PHILIPPE LEOPOLD [FR]) 08 janeiro 1999 (1999-01-08) *todo documento*	1 a 6

 Documentos adicionais estão listados na continuação do quadro C Ver o anexo de famílias das patentes

* Categorias especiais dos documentos citados:

"A" documento que define o estado geral da técnica, mas não é considerado de particular relevância.

"E" pedido ou patente anterior, mas publicada após ou na data do depósito internacional

"L" documento que pode lançar dúvida na(s) reivindicação(ões) de prioridade ou na qual é citado para determinar a data de outra citação ou por outra razão especial

"O" documento referente a uma divulgação oral, uso, exibição ou por outros meios.

"P" documento publicado antes do depósito internacional, porém posterior a data de prioridade reivindicada.

"T" documento publicado depois da data de depósito internacional, ou de prioridade e que não conflita com o depósito, porém citado para entender o princípio ou teoria na qual se baseia a invenção.

"X" documento de particular relevância; a invenção reivindicada não pode ser considerada nova e não pode ser considerada envolver uma atividade inventiva quando o documento é considerado isoladamente.

"Y" documento de particular relevância; a invenção reivindicada não pode ser considerada envolver atividade inventiva quando o documento é combinado com um outro documento ou mais de um, tal combinação sendo óbvia para um técnico no assunto.

"&" documento membro da mesma família de patentes.

Data da conclusão da pesquisa internacional

24/11/2016

Data do envio do relatório de pesquisa internacional:

05/12/2016

Nome e endereço postal da ISA/BR



INSTITUTO NACIONAL DA
 PROPRIEDADE INDUSTRIAL
 Rua Sao Bento nº 1, 17º andar
 cep: 20090-010, Centro - Rio de Janeiro/RJ

Nº de fax:

+55 21 3037-3663

Funcionário autorizado

Gerlane Carla Honorato

Nº de telefone:

+55 21 3037-3493/3742

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoria*	Documentos citados, com indicação de partes relevantes, se apropriado	Relevante para as reivindicações Nº
A	FR 2676011 A1 (DENIS RENOUX PHILIPPE [FR]) 06 novembro 1992 (1992-11-06) *todo documento*	1 a 6
A	KR 101304212 B1 (LEE CHUN WOO [KR]) 10 setembro 2013 (2013-09-10) *todo documento*	1 a 6
A	JP 2005124765 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 19 maio 2005 (2005-05-19) *todo documento*	1 a 6

RELATÓRIO DE PESQUISA INTERNACIONAL
 Informação relativa a membros da família de patentes

Depósito internacional Nº
 PCT/BR2016/050266

Documentos de patente citados no relatório de pesquisa	Data de publicação	Membro(s) da família de patentes	Data de publicação
KR 20090027006 A	2009-03-16	KR 101279033 B1	2013-07-02
-----	-----	-----	-----
CN 204661420 U	2015-09-23	Nenhum	
-----	-----	-----	-----
JP 2006136777 A	2006-06-01	Nenhum	
-----	-----	-----	-----
FR 2765500 A1	1999-01-08	FR 2765500 B1	1999-09-24
-----	-----	-----	-----
FR 2676011 A1	1992-11-06	FR 2676011 B1	1993-10-22
-----	-----	-----	-----
KR 101304212 B1	2013-09-10	Nenhum	
-----	-----	-----	-----
JP 2005124765 A	2005-05-19	JP 3993156 B2	2007-10-17
		CN 1609331 A	2005-04-27
		CN 100351455 C	2007-11-28
		KR 20050039590 A	2005-04-29
		KR 100625380 B1	2006-09-18
		MY 137317 A	2009-01-30
		SG 111300 A1	2005-05-30
		TW 200521284 A	2005-07-01
		TW I263716 B	2006-10-11
-----	-----	-----	-----