



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº BR 102016030195-5

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: BR 102016030195-5

(22) Data do Depósito: 21/12/2016

(43) Data da Publicação Nacional: 17/07/2018

(51) Classificação Internacional: B01D 61/14; B01D 63/06; B01D 67/00; B01D 71/04; C02F 1/50; C01G 3/00; B82Y 30/00; C02F 101/30; C02F 103/04.

(54) Título: MEMBRANA MICROPOROSA, PROCESSO DE OBTENÇÃO DE MEMBRANA MICROPOROSA E PROCESSO DE DESINFECÇÃO DE ÁGUA

(73) Titular: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL, Instituição de Ensino e Pesquisa. CGC/CPF: 88648761000103. Endereço: RUA FRANCISCO GETÚLIO VARGAS, 1130, Caxias do Sul, RS, BRASIL(BR), 95070-560, Brasileira

(72) Inventor: DIONISIO DA SILVA BIRON; VENINA DOS SANTOS; MARA ZENI ANDRADE; CARLOS PÉREZ BERGMANN.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 21/12/2016, observadas as condições legais

Expedida em: 13/12/2022

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados



Relatório Descritivo de Patente de Invenção

MEMBRANA MICROPOROSA, PROCESSO DE OBTENÇÃO DE MEMBRANA MICROPOROSA E PROCESSO DE DESINFECÇÃO DE ÁGUA

Campo da Invenção

[0001] A presente invenção descreve membranas cerâmicas tubulares contendo nanopartículas de cobre, tendo como objetivo promover a desinfecção de águas contaminadas com microrganismos patógenos ao homem. A presente invenção se situa nos campos da saúde, engenharia ambiental e química.

Antecedentes da Invenção

[0002] A contaminação dos corpos hídricos e a deterioração da qualidade da água é uma preocupação da saúde pública. Segundo dados divulgados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), aproximadamente 80% das doenças ocorrem devido à contaminação da água. No Brasil, 28 mil pessoas morrem por ano devido a doenças provocadas pela água contaminada e a falta de saneamento básico. A OMS e a Portaria n° 2.914, de 12 de dezembro de 2011, estabeleceram que qualquer água destinada ao consumo humano deve conter zero UFC (Unidades Formadoras de Colônias) de *Escherichia coli* a cada 100 mL de amostra (BRASIL. Portaria n° 2.914, de 12 de dezembro de 2011(a). Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade).

[0003] Inúmeros processos químicos e físicos são propostos visando a descontaminação microbiológica da água, como o uso de ozônio e de cloro livre, radiação ultravioleta e filtração. Entretanto, alguns destes processos podem trazer consequências indesejadas aos seres humanos, como alteração da cor, gosto, aspecto visual, eficiência insuficiente e formação de produtos químicos cancerígenos.

[0004] Entre todos os processos de tratamento de água, os processos de separação por membranas (PSM) são considerados uma das mais inovadoras tecnologias (BASILE, B.; CASSANO, A.; RASTOGI, N.K. *Advances in Membrane Technologies for Water Treatment: Materials, Processes and Applications*. 1 ed. Elsevier Science PublishersLtd. ISBN: 978-1-78242-121-4. p. 667, 2015.). Os PSM são processos rápidos, econômicos, ocupam menor espaço de área, altamente seletivos, flexíveis e compatíveis, na maioria das vezes, com outros processos de tratamento (ZEMAN, L.J.; ZYDNEY, A.L. *Microfiltration and Ultrafiltration: Principles and Applications*. Marcel Dekker. ISBN: 0-8247-9735-3. p. 616, 1996.). Entretanto, segundo Sawada et al. (2012), um dos maiores problemas apresentados pelas membranas é a diminuição de sua permeabilidade ao longo de seu uso, devido à incrustação causada pela matéria orgânica contida na água bruta e, aos microrganismos que aderem à parede microporosa ou no interior dos poros (SAWADA, I., FACHRUL, R., ITO, T., OHMUKAI, Y., MARUYAMA, T., MATSUYAMA, H. *Development of a hydrophilic polymer membrane containing silver nanoparticles with both organic antifouling and antibacterial properties*. *Journal of Membrane Science*, v. 387–388, p. 1-6, 2012.).

[0005] Diversos estudos apresentam novos materiais com intuito da remoção e desinfecção de microrganismos patogênicos presentes na água. O efeito bactericida muitas vezes é alcançado com o emprego de materiais bactericidas, como nanopartículas metálicas, tais como prata e cobre.

[0006] O uso de nanopartículas (NP) como agentes antimicrobianos é muito importante na indústria têxtil, na desinfecção da água, na medicina e em embalagens para alimentos. A inserção das NP em processos de desinfecção tem por objetivo, entre outros, sanar os problemas apresentados por alguns compostos químicos utilizados atualmente. Muitos compostos químicos usados na desinfecção são responsáveis pela toxicidade para o corpo humano. Por isso, há um crescente interesse de desinfetantes inorgânicos, tais como as nanopartículas metálicas de prata e cobre (HAJIPOUR, M.J.; FROMM, K.M.;

ASHKARRAN, A.A.; ABERASTURI, D.J.; LARRAMENDI, I.R.; ROJO, T.; SERPOOSHAN, V.; PARAK, W.J.; MAHMOUDI, M. Antibacterial properties of nanoparticles. Trends in Biotechnology, v. 30, p. 499-511, 2012.).

[0007] Lv et al. (2009) estudaram o efeito bactericida de materiais cerâmicos porosos (diatomita e argila) impregnados com nanopartículas de prata. Seus estudos resultaram na eliminação total dos microrganismos presentes na água, partindo de uma concentração inicial de aproximadamente 10^5 UFC·mL⁻¹ de *E. coli* (LV, Y., LIU, H., WANG, Z., LIU, S., HAO, L., SANG, Y., LIU, D., WANG, J., BOUGHTON, R.I. Silver nanoparticle-decorated porous ceramic composite for water treatment. Journal of Membrane Science, v. 331, p. 50-56, 2009.). Dankovich e Smith (2014) avaliaram o efeito bactericida do cobre contido em papéis absorventes. Neste trabalho, os autores obtiveram nanopartículas de cobre com tamanho médio de 274,2 nm e um efeito bactericida de aproximadamente 96% de eliminação de *E. coli* para uma concentração de 65 mgCu·g⁻¹ de papel (DANKOVICH, T.A.; SMITH, J.A. Incorporation of copper nanoparticles into paper for point-of-use water purification. Water Research, v. 63, p. 245-251, 2014.).

[0008] Das diversas nanopartículas estudadas o cobre tem se revelado promissor, pois o cobre é um metal essencial para os sistemas vivos e é encontrado em uma variedade de enzimas incluindo superóxido dismutase, peroxidase, citocromo-oxidase. Além de elemento essencial para a vida, apresenta características únicas que o torna um dos metais que mais trazem benefícios para a humanidade. Historicamente, o cobre é um dos mais antigos metais a ser descoberto pelo homem e sempre se fez presente na evolução das civilizações. A sua exploração e o seu uso são marcantes na economia e na sociedade em todos os tempos. O cobre é necessário para o correto funcionamento do organismo e faz parte dos elementos essenciais para a saúde dos seres humanos, animais e vegetais. A OMS recomenda uma quantidade de 12,5 µg·d⁻¹ de cobre por kg de peso em adultos, isso equivale a 0,88 mg

para uma pessoa de 70 kg. Os diversos benefícios do cobre englobam não só a saúde humana como também pode ser aproveitado contra microrganismos patogênicos.

[0009] Com o desenvolvimento da nanotecnologia, o cobre, na forma de nanopartículas, tem sido cada vez mais aplicado como agente antimicrobiano em indústrias têxteis, em equipamentos hospitalares, preservação da madeira e tintas anti-incrustantes. O efeito bactericida do cobre para uma vasta gama de bactérias gram-positivas e gram-negativas tem sido relatado por muitos autores.

[0010] As NPCu necessitam de concentrações maiores em relação a NPAg para apresentarem efeito bactericida. A capacidade bactericida das NP mostrou que essas, como as de Ag e Cu, liberam íons (Ag^+ e Cu^{2+}) que causam alterações de pH e condutividade em meio líquido. Esta liberação de íons metálicos em solução tem a capacidade de inativar e/ou matar microrganismo. Os íons Cu^{2+} são capazes de romper as membranas celulares bacterianas e ao entrarem através dela interrompem a função enzimática. Os efeitos indiretos a partir de mudanças no ambiente também poderão ter impacto sobre a eficácia das nanopartículas metálicas contra microrganismos (REN, G.; HU, D.; CHENG, E.W.C.; VARGAS-REUS, M.A.; REIP, P.; ALLAKER, R.P. Characterisation of copper oxide nanoparticles for antimicrobial applications. *International Journal of Antimicrobial Agents*, v. 33, p. 587-590, 2009.).

[0011] O estudo Baek e An (2011) avaliou o efeito bactericida de nanopartículas de CuO, NiO, ZnO e Sb₂O₃ contra os microrganismos *E. coli*, *Bacillus subtilis* e *S. aureus*. (BAEK, Y.W.; AN, Y.J. Microbial toxicity of metal oxide nanoparticles (CuO, NiO, ZnO, and Sb₂O₃) to Escherichia coli, Bacillus subtilis and Streptococcus aureus. *Science of The Total Environment*, v. 409, p. 1603-1608, 2011.). Neste estudo foi verificado que as NP de CuO tem maior efeito sobre a bactéria *E. coli* do que as demais nanopartículas. Este efeito maior apresentado pelo cobre está relacionado a uma maior interação dos íons

cobre com os microrganismos. O efeito dos íons metálicos liberados por nanopartículas não depende somente do metal utilizado, mas também do microrganismo que está exposto.) Neste estudo foi verificado que as NP de CuO tem maior efeito sobre a bactéria *E. coli* do que as demais nanopartículas. Este efeito maior apresentado pelo cobre está relacionado a uma maior interação dos íons cobre com os microrganismos. O efeito dos íons metálicos liberados por nanopartículas não depende somente do metal utilizado, mas também do microrganismo que está exposto.

[0012] A toxicidade do cobre em bactérias depende da combinação de muitos fatores, tais como temperatura, aeração, pH, concentração de NP e concentração de bactérias. A alta temperatura, alta aeração e baixo pH decresce a aglomeração do cobre e aumenta a toxicidade. A menor aglomeração fornece superfície mais disponível para a interação com as membranas bacterianas e para a solubilização de íons de cobre, o que leva a maior toxicidade. Formas metálicas e iônicas do cobre produzem radicais hidroxilas que danificam as proteínas essenciais e o DNA.

[0013] Diversas patentes de invenção utilizam o cobre como agente antibacteriano, como é o caso da patente WO2016028554, que descreve artigos de vidro ou vidro-cerâmica apresentando uma pluralidade de superfícies primárias, onde pelo menos uma das superfícies compreende uma pluralidade de nanopartículas de cobre, fornecendo um efeito antimicrobiano.

[0014] Além dessa, outras patentes apresentam utilização do cobre para efeitos antimicrobianos, como é o caso da patente RU2446810, que revela o uso de nanopartículas de cobre e óxido de cobre como agente antimicrobiano.

[0015] O documento patentário UA103317 revela o uso de nanopartículas de cobre como agente antibiótico administrado por via intravenosa, no tratamento de infecção generalizada.

[0016] O documento patentário US 20080302713 apresenta um cartucho para filtragem antimicrobiana, que pode ser usado como filtro para purificação e para prevenção ou retardo de crescimento microbiano. Apresenta um núcleo

microporoso que pode ser de cerâmica, carvão ativado ou plástico e membrana microporosa contendo nanofibras. sobre o qual é aplicado um fio que pode ser impregnado com um agente antimicrobiano. Entre os diversos agentes microbianos citados está o cobre, assim como prata, zinco, entre outros.

[0017] O documento patentário CN 103846019 descreve um nanocompósito de cerâmica de diatomita porosa e agente antibacteriano inorgânico, para a purificação de águas. O agente bacteriano pode ser íons de metais ou nanopartículas de metais. Entre os metais, estão cobre, zinco sendo a prata o elemento preferencial.

[0018] O documento patentário CN 102091534 descreve uma película de cerâmica carregada positivamente, que pode ser usada para purificar a água ou o ar, sendo seu uso mais específico para isolar vírus. São citados como agentes antimicrobianos o cloreto de ítrio, nitrato de ítrio, nitrato de zircônio, sulfato de zircônio ou cloreto de zircônio.

[0019] Klein et al. (2013) desenvolveu microesferas de cerâmicas porosas com cobre, e monólitos feitos com estas esferas, através do método de gelificação ionotrópica de alginato de sódio. Em resumo, uma suspensão contendo alginato de sódio, solução de sílica, citrato e alumina foi adicionada gota a gota à solução de reticulação, contendo cloreto de cobre em água misturada com etanol. As microesferas obtidas foram enxaguadas com água e liofilizadas (KLEIN T.Y., WEHLING J., TRECCANI L., REZWAN K. Effective Bacterial Inactivation and Removal of Copper by Porous Ceramics with High Surface Area. Environ. Sci. Technol., 2013, v 47 (2), p 1065–1072).

[0020] Assim, do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

[0021] Deste modo, ainda é necessário o desenvolvimento de um processo de tratamento de água que seja eficiente, de baixo custo, possa evitar

doenças causadas por águas contaminadas, que não altere suas características organolépticas e que não gere resíduos cancerígenos.

Sumário da Invenção

[0022] Dessa forma, a presente invenção tem por objetivo resolver os problemas constantes no estado da técnica a partir da utilização de membranas cerâmicas contendo nanopartículas de cobre. O processo de desinfecção ocorre pela passagem da água contaminada através dos poros da membrana cerâmica, os quais encontram-se revestidos pelas nanopartículas de cobre. A água contaminada com *E. coli* ao entrar em contato com metal permite a liberação progressiva de íons de cobre, os quais entram em contato com o microrganismo causando a perturbação da homeostase celular e conseqüentemente a morte do patógeno.

[0023] Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta uma membrana microporosa que compreende cerâmica e nanopartículas de cobre.

[0024] Em um segundo objeto, a presente invenção apresenta um processo de obtenção de membrana microporosa, que compreende as etapas de:

- a) Obtenção de solução de nanopartículas de cobre;
- b) Impregnação do material obtido em (a) em cerâmica; e
- c) Tratamento térmico a uma faixa de 400 a 800°C por uma faixa de 3 a 6 horas.

[0025] Em um terceiro objeto, a presente invenção apresenta um processo de desinfecção de água, pelo contato da água contaminada com o material de membrana microporosa obtido através da presente invenção.

[0026] Ainda, o conceito inventivo comum a todos os contextos de proteção reivindicados é o tratamento de água utilizando material cerâmico poroso tubular impregnado com nanopartículas de cobre.

[0027] Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e pelas empresas com interesses no

segmento, e serão descritos em detalhes suficientes para sua reprodução na descrição a seguir.

Breve Descrição das Figuras

[0028] Com o intuito de melhor definir e esclarecer o conteúdo do presente pedido de patente, são apresentadas as presentes figuras:

[0029] A figura 1 mostra os resultados dos testes de eficiência, contra a *Escherichia coli*, das membranas cerâmicas sem (Alumina) e com (Alumina-Cu) cobre. Os testes foram realizados para diferentes pressões transmembranas.

[0030] A figura 2 mostra fotografias dos resultados dos testes de zona de inibição da membrana com (Alumina-Cu) e sem (Alumina) cobre.

Descrição Detalhada da Invenção

[0031] A presente invenção consiste de um material cerâmico poroso tubular com nanopartículas de cobre dispersas em sua estrutura porosa.

[0032] Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta uma membrana microporosa que compreende cerâmica e nanopartículas de cobre.

[0033] Em uma concretização, a cerâmica é de alumina.

[0034] Em uma concretização, a cerâmica é tubular.

[0035] Em uma concretização, o tamanho dos poros é em uma faixa de 0,1 a 3 μm .

[0036] Em um segundo objeto, a presente invenção apresenta um processo de obtenção de membrana microporosa, que compreende as etapas de:

- a) Obtenção de solução de nanopartículas de cobre;
- b) Impregnação do material obtido em (a) em cerâmica; e
- c) Tratamento térmico a uma faixa de 400 a 800°C por uma faixa de 3 a 6 horas.

[0037] Em uma concretização, a etapa (a) compreende as etapas de:

I) dissolução de PVA em água em uma faixa de concentração de 145 a 1452 mmol/L, em uma proporção de 1 a 10 g de PVA a cada 80ml de água;

II) adição de 5 a 15 mL de nitrato de cobre II trihidratado em uma concentração de 0,8 a 1,2 mol/L, em uma faixa de temperatura de 16 a 27 °C, ao produto obtido em (I); e

III) adição de 5 a 15 mL de solução de NaBH₄ em uma faixa de concentração de 140 a 210 mmol/L, ao produto obtido em (II), sob agitação.

[0038] Em uma concretização, a etapa (b), de impregnação na membrana, é utilizando o método *dip-coating*.

[0039] Em uma concretização, a etapa (b) compreende as etapas de:

i) contato da dispersão de PVA com a cerâmica por 0,5 a 4 h;

ii) remoção de excesso da dispersão;

iii) secagem em estufa por uma faixa de tempo de 20 a 60 min, em uma faixa de temperatura de 60 a 90°C; e

iv) repetição das etapas (i), (ii) e (iii) por duas vezes.

[0040] Em um terceiro objeto, a presente invenção apresenta um processo de desinfecção de água, pelo contato da água contaminada com a membrana microporosa obtida através da presente invenção.

[0041] Na seleção de materiais para manufatura de membranas, os materiais cerâmicos (alumina, zircônia, titânia e sílica) comparados aos materiais poliméricos, apresentam vantagens como maior vida útil, elevada resistência mecânica e facilidade de limpeza.

[0042] Os materiais desenvolvidos apresentaram alta eficiência de desinfecção, sem alterar as características organolépticas da água e sem gerar resíduos tóxicos.

Exemplos - Concretizações

[0043] Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

[0044] A membrana cerâmica de alumina ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) foi fornecida pela empresa Tecnicer Tecnologia Cerâmica Ltda (São Carlos – SP, Brasil). Este material apresenta estrutura tubular e microporosa, com tamanho médio de poro de $0,40 \pm 0,17 \mu\text{m}$. O material apresenta comprimento de 19,6 cm, espessura da parede de $0,16 \pm 0,04 \text{ cm}$, diâmetro interno de $0,80 \pm 0,01 \text{ cm}$ e área interna de $49,25 \pm 0,61 \text{ cm}^2$.

[0045] Os reagentes utilizados na síntese das nanopartículas de cobre são o poli (álcool vinílico) (PVA, MW = 89 kDa), nitrato de cobre trihidratado ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) e boroidreto de sódio (NaBH_4). Na preparação das dispersões coloidais é utilizada água ultrapura.

[0046] A obtenção das nanopartículas de cobre se dá em meio aquoso a partir da redução química de íons de Cu^+ , utilizando como agente redutor o boroidreto de sódio. Para estabilizar as nanopartículas de cobre utiliza-se uma dispersão de PVA.

[0047] A preparação desta solução consiste pela dissolução completa de 5 g PVA em 80 mL de água. Em seguida, 10 mL de solução de nitrato de cobre II trihidratado, com concentração de $1,07 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, é adicionada à solução de PVA, previamente preparada e resfriada à temperatura aproximada de 23°C . Após, é preparada uma solução de 10 mL de NaBH_4 , com concentração de $185 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, que é adicionada à solução de nitrato de cobre II e PVA, sob agitação. Ao final do procedimento a dispersão apresenta coloração vermelha escura, indicando a redução completa de íons de cobre em cobre metálico.

[0048] A concentração de nitrato de cobre II trihidratado em solução estimada é de aproximadamente $25,75 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. A concentração de cobre presente em solução estimada por espectrometria de absorção atômica é de $7,97 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

[0049] As nanopartículas de cobre são impregnadas na membrana cerâmica pelo método de *dip-coating*. Para tal, a dispersão coloidal de cobre é adicionada no interior da membrana cerâmica, a qual se encontra fechada de um dos lados. Para evitar a oxidação das nanopartículas devido ao contato

com o ar atmosférico, durante o processo de *dip-coating* o outro lado do tubo cerâmico permanece fechado.

[0050] O processo de impregnação dura em torno de 2 h e, ao final desse período é removido o excesso de solução contido no interior da membrana e realizada a secagem em estufa por 40 min à temperatura de aproximadamente 70°C. O objetivo da secagem é promover a aderência do PVA contendo as nanopartículas metálicas no interior da membrana cerâmica. Esse processo de impregnação é realizado por mais duas vezes, totalizando um tempo de 8 h de impregnação. Por fim, a membrana cerâmica revestida com cobre é tratada termicamente a 600°C durante 4 h para a remoção do PVA.

[0051] Para a verificação da atividade antimicrobiana das membranas cerâmicas contendo as nanopartículas de cobre foi utilizado a *E. coli* como microrganismo indicador de contaminação microbiológica.

[0052] A membrana contendo as nanopartículas de cobre passou por diversos testes de microfiltração e testes de zona de inibição. Os experimentos de eficiência de desinfecção foram realizados com a membrana cerâmica impregnada e não impregnada com cobre, em uma capela de exaustão com fluxo laminar, esterilizada com radiação ultravioleta por 15 min para evitar possíveis contaminações externas.

[0053] Nos testes de zona de inibição, foram verificados halos de inibição iguais ou maiores que 10 mm, o que indica a atividade antimicrobiana da invenção. Estes testes foram realizados em triplicatas.

Tabela 11: Resultados dos testes de zona de inibição apresentados pelos materiais com (Alumina-Cu e sem (Alumina) cobre

Material	Zona de inibição (mm)	Desvio padrão (mm)
*Alumina	0,00	0
Alumina-Cu	11,67	1,52

* Controle.

[0054] Os testes de microfiltração referentes ao microrganismo (*E. coli*) foram realizados por 1 h a pressões transmembranas de 50, 100, 150 e 200

kPa. Durante os testes de microfiltração foram coletadas amostras da alimentação e do permeado a cada 20 min para realizar os testes de plaqueamento e contagem de células.

[0055] Os testes da atividade antimicrobiana por meio dos experimentos de microfiltração demonstraram alta eficiência de mortalidade celular. Tanto na alimentação quanto no permeado, ao final dos testes não foi evidenciado a atividade microbiana, o que indica a eficiência da invenção.

[0056] Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outras variantes, abrangidas no escopo das reivindicações anexas.

Reivindicações

1. Membrana microporosa, **caracterizada** por compreender:

- cerâmica tubular de alumina; e
- nanopartículas de cobre

em que os poros da membrana estão na faixa de 0,1 μm a 3 μm .

2. Processo de obtenção de membrana microporosa, conforme definida na reivindicação 1, **caracterizado** por compreender as etapas de:

- a) Obtenção de solução de nanopartículas de cobre;
- b) Impregnação do material obtido em (a) em cerâmica; e
- c) Tratamento térmico a uma faixa de 400 a 800°C por uma faixa de 3 a 6 horas.

3. Processo de obtenção de membrana microporosa de acordo com reivindicação 2, **caracterizado** pela etapa (a) compreender as etapas de:

I) dissolução de PVA em água em uma faixa de concentração de 145 a 1452 mmol/L, em uma proporção de 1 a 10 g de PVA a cada 80 ml de água;

II) adição de 5 a 15 mL de nitrato de cobre II trihidratado em uma concentração de 0,8 a 1,2 mol/L, em uma faixa de temperatura de 16 a 27 °C, ao produto obtido em (I); e

III) adição de 5 a 15 mL de solução de NaBH_4 em uma faixa de concentração de 140 a 210 mmol/L, ao produto obtido em (II), sob agitação.

4. Processo de obtenção de membrana microporosa de acordo com reivindicação 2, **caracterizado** pela etapa (b), ser utilizando o método *dip-coating*.

5. Processo de obtenção de membrana microporosa de acordo com a reivindicação 2 e 4, **caracterizado** pela etapa (b) compreender as etapas de:

- i) contato da dispersão de PVA com a cerâmica por 0,5 a 4 h;
- ii) remoção de excesso da dispersão;
- iii) secagem em estufa por uma faixa de tempo de 20 a 60 min, em uma faixa de temperatura de 60 a 90 °C; e

iv) repetição das etapas (i), (ii) e (iii) por duas vezes.

6. Processo de desinfecção de água, **caracterizado** por compreender o contato da água contaminada com a membrana obtida conforme definida na reivindicação 1.

FIGURAS

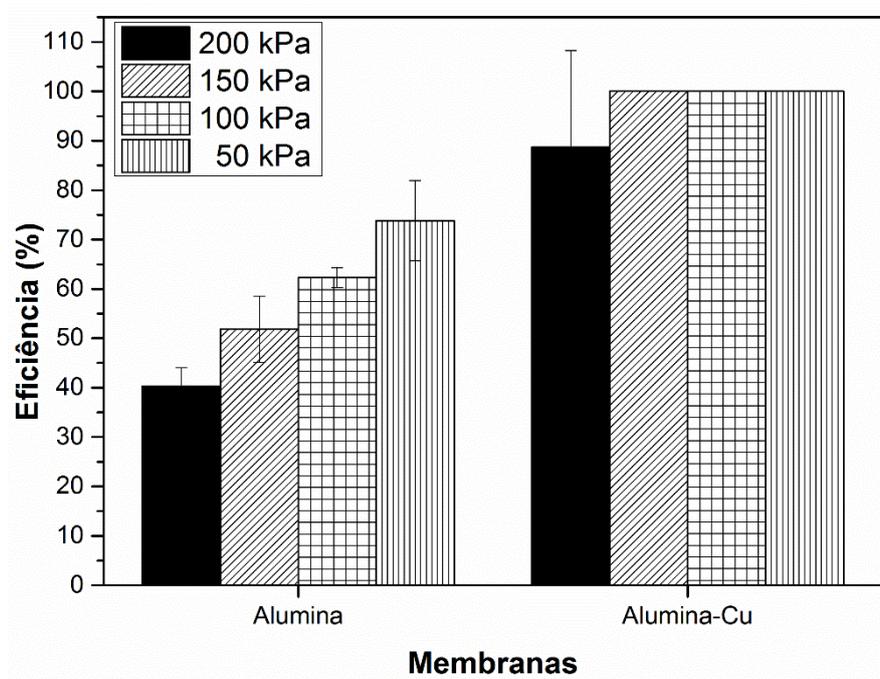


Figura 1

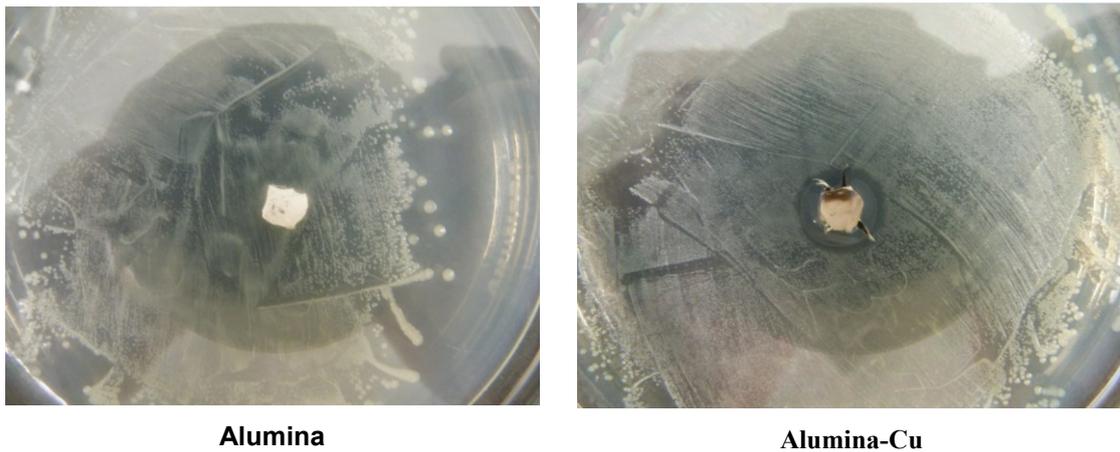


Figura 2