



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

(21) BR 102019025957-4 A2



(22) Data do Depósito: 06/12/2019

(43) Data da Publicação Nacional: 22/06/2021

(54) **Título:** FILTRO BIOLÓGICO DE BIOMASSA FÚNGICA PARA TRATAMENTO POR BIOSSORÇÃO DE EFLUENTES COM CARGA DE CORANTES E RESPECTIVO PROCESSO DE TRATAMENTO

(51) **Int. Cl.:** C02F 3/34; C02F 3/30; C02F 101/30; C02F 103/30.

(52) **CPC:** C02F 3/347; C02F 3/30; C02F 2101/308; C02F 2103/30.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO; UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO (UFRPE).

(72) **Inventor(es):** ANNA GABRIELLY DUARTE NEVES; RAPHAEL LUIZ ANDRADE SILVA; ROMERO MARCOS PEDROSA BRANDÃO COSTA; KETHYLEN BARBARA BARBOSA CARDOSO; JUANIZE MATIAS DA SILVA BATISTA; KAROLAINE DA CONCEIÇÃO GAMA SANTOS; ARTHUR FILIPE FERREIRA PEQUENO; NAYARA VITÓRIA DOS SANTOS CRUZ; BRUNO OLIVEIRA DE VERAS; RAQUEL PEDROSA BEZERRA; VIVIANNE LAYS RIBEIRO CAVALCANTI; MARIA TEREZA DOS SANTOS CORREIA; SÁVIA GAVAZZA; ANA LÚCIA FIGUEIREDO PORTO; MÁRCIA VANUSA DA SILVA.

(57) **Resumo:** FILTRO BIOLÓGICO DE BIOMASSA FÚNGICA PARA TRATAMENTO POR BIOSSORÇÃO DE EFLUENTES COM CARGA DE CORANTES E RESPECTIVO PROCESSO DE TRATAMENTO. Esta invenção proporciona um filtro biológico que consiste na utilização de um cartucho, material filtrante ou refil de biomassa de fungos filamentosos, preferencialmente do gênero *Aspergillus*, para tratamento de efluentes coloridos através do processo de bioissorção. O cartucho permite o contato da biomassa com o efluente em quaisquer condições ambientais, independentemente de viabilidade celular, num processo de até 120min para máxima descoloração e redução de toxicidade do efluente. A água tratada pode ser reciclada ou eliminada conforme legislação. Assim, a presente invenção fornece um método e um produto seguro, econômico, compacto, fácil de aplicar, rápido, sem liberação de subprodutos, e conseqüentemente, ecologicamente correto, para o problema do tratamento e disposição de efluentes industriais coloridos.



# FILTRO BIOLÓGICO DE BIOMASSA FÚNGICA PARA TRATAMENTO POR BIOSSORÇÃO DE EFLUENTES COM CARGA DE CORANTES E RESPECTIVO PROCESSO DE TRATAMENTO

## RELATÓRIO DESCRITIVO

### **Campo da Invenção**

**[001]** A invenção é referente a um filtro biológico compreendendo um cartucho de biomassa de fungos filamentosos, para tratamento por bioissorção, independente de condições ambientais, realizado em até 120min, de efluentes coloridos. Esta invenção está situada no campo da Biotecnologia, aplicável ao tratamento de águas residuais coloridas, principalmente de efluentes industriais e de lavanderias têxteis.

### **Antecedentes da Invenção**

**[002]** O segmento têxtil é um dos setores industriais que mais gera poluição e impactos ambientais no mundo, sobretudo a partir da produção de águas residuais, estimando-se que 17-20% da poluição industrial da água seja causada por esse segmento industrial (Jegatheesan *et al.*, Bioresource technology, v. 204, p. 202-212, 2016). Uma vez que para cada quilo de tecido são despejados entre 40 a 65 litros de efluentes, durante o processo de tingimento (Imran *et al.*, Reviews in Environmental Science and BioTechnology, v. 14, n. 1, p. 73-92, 2015). Esses efluentes apresentam variabilidade significativa quanto a pH, temperatura e concentração de demanda química de oxigênio (DQO), isso por conterem um elevado teor orgânico, sólidos suspensos, aditivos, detergentes, agentes tensoativos e alta carga de corantes sintéticos (Phugare, Ecotoxicology and environmental safety, v. 74, n. 5, p. 1288-1296, 2011; Santos *et al.*, Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 22, n. 2, p. 285-292, 2017).

**[003]** São conhecidos mais de 100 mil corantes comerciais, divididos em classes, de acordo com sua estrutura química (Garg & Tripathi, *Research Journal Microbiology*, v. 12, p. 1-19, 2017). A molécula dos corantes é composta por duas partes: grupos auxiliares, que propiciam a afinidade do corante pela fibra têxtil, seja ela natural ou sintética; e um grupo cromóforo, que é responsável pela cor visível que o composto apresenta. Os cromóforos podem ser do tipo azo, trifenilmetano, indigo, nitro, antraquinona e outros, e assim, a molécula pode conter benzenos, xilenos, toluenos, naftalenos e outros compostos aromáticos (Gürses *et al.*, *Dyes and Pigments*. Springer, Cham, p. 13-29, 2016). Essa composição faz com que sejam recalcitrantes e reativos, resistentes a luz, umidade e a ação de agentes oxidantes, podendo ser tóxicos, mutagênicos, carcinogênicos e bioacumulativos com uma concentração de apenas 3%, mesmo após tratamento (Przystaś *et al.*, *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 49, n. 2, p. 285-295, 2018; Maganha de Almeida *et al.*, *Water Science and Technology*, v. 77, n. 2, p. 398-408, 2018).

**[004]** Entre todos os tipos de corantes sintéticos comerciais, os azo corantes compõem a maior classe, representando até 70% dos corantes têxteis totais utilizados (Tan *et al.*, *Bioresource technology*, v. 158, p. 321-328, 2014).

**[005]** Apesar de sua estabilidade e das diversas estruturas, os corantes azo, assim como os das demais classes são perdidos em grandes escalas durante os processos de tingimento. Os rendimentos de fixação são baixos, variando entre 50 e 90%, devido à hidrólise nos banhos. Efluentes contêm, assim, uma mistura de corantes, com concentrações entre 0,01 e 0,8 g.L<sup>-1</sup> (Jonstrup *et al.*, *Desalination*, v. 280, n. 1, p. 339-346, 2011). As águas coloridas contêm, apenas de corantes do tipo azo, entre 7x10<sup>5</sup> e 4,5x10<sup>6</sup> toneladas de partículas que não se ligaram às fibras de tecido, correspondendo a cerca de 15% do utilizado anualmente (Maganha de Almeida *et al.*, *Water Science and Technology*, v. 77, n. 2, p. 398-408, 2018).

**[006]** O lançamento de compostos coloridos em corpos hídricos afeta diretamente a qualidade da água, tornando o efluente prejudicial devido ao seu impacto ecossistêmico, sobretudo a diminuição da capacidade fotossintética, pela presença de particulados, afetando assim, toda a produção do corpo aquático (Garg & Tripathi, *Research Journal Microbiology*, v. 12, p. 1-19, 2017), e pelo seu impacto a saúde pública por serem bioacumulativos (Sen *et al.*, *Fungal Biology Reviews*, v. 30, n. 3, p. 112-133, 2016), pela natureza cancerígena de muitos desses corantes e seus produtos de degradação (Senthilkumar *et al.*, *Chemical Engineering Journal*, v. 166, n. 1, p. 10-14, 2011.). Além de que a presença de cor em meio líquido, provoca repulsa psicológica devido a fatores estéticos, uma vez que a cor na água sempre estará associada à fonte de contaminação (Ferraz *et al.*, *Water Sci. Technol.* 64, 1581–1589, 2011.).

**[007]** O tratamento adequado para as águas residuais é essencial para diminuir os problemas ecológicos e estéticos produzidos pelos efluentes coloridos. Esses tratamentos são em sua maioria métodos físicos e químicos, como coagulação química/floculação, ozonização, oxidação, filtração, troca iônica, irradiação, precipitação, métodos eletroquímicos e outros. É o que mostra o depósito BR1020170021220A2 que descreve a utilização de um “REATOR FOTOCATALÍTICO APLICADO AO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DO PROCESSO DE TINGIMENTO DE TECIDOS” realizando a mineralização do corante em 90% a partir da catalise das ligações. Assim também, a patente US5639379A trata de processo para remover corantes e odor de efluentes contaminados, utilizando para este fim permanganato de metal alcalino, peróxido de hidrogênio, floculação, e precipitação em fases sequenciais. Esses tipos de tratamentos, no entanto, resultam, em sua maioria, em subprodutos tóxicos, principalmente pela quebra de suas estruturas aromáticas, são onerosos, apresentam diversos problemas operacionais e necessitam de energia intensiva, além de muitas vezes apresentarem especificidade, necessitando-se aplicar mais de um método para tratar toda a gama de colorantes do efluente.

**[008]** A presente patente difere de BR1020170021220A2 e de US5639379A por conseguir eliminar os corantes significativamente a partir do uso de biomassa fúngica no processo de bioissorção, sem a necessidade de adição de materiais químicos para alcance do objetivo, reduzindo assim o número de processos e com isso o tempo e custo do tratamento.

**[009]** Na busca por uma alternativa sustentável para remediação de efluentes com corantes industriais, as pesquisas voltaram-se a utilização de diversos processos biológicos (Sen et al., *Fungal Biology Reviews*, v. 30, n. 3, p. 112-133, 2016), destacando-se os que utilizam como agentes biorremediadores os microrganismos, sejam espécies bacterianas ou fúngicas, que apresentam alto potencial de remoção de corantes através da biodegradação, bioacumulação e/ou bioissorção desses compostos (Przystaś *et al.*, *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 49, n. 2, p. 285-295, 2018).

**[010]** Muitas destas metodologias precisam estar associadas a integração de processos físico-químicos e biológicos, principalmente a partir de reatores (Santos *et al.*, *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 22, n. 2, p. 285-292, 2017). Como é o caso do exposto no depósito BR102018007850-0A2 que descreve um “SISTEMA MODULAR E COMPACTO DE REATOR ANAERÓBICO E/OU AERÓBICO BIOLÓGICO OU NÃO, INTEGRADO POR VASOS COMUNICANTES PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES COM PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR BIODIGESTÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA”, que utiliza de um tratamento enzimático a partir de lodos, cuja interação está ligada a um processo de decantação e precipitação da matéria. A presente patente difere de BR102018007850-0A2 por utilizar biomassa fúngica para processo de bioissorção, obtendo remoção significativa dos corantes sem a necessidade de tratamentos adicionais.

**[011]** Em contrapartida, a patente BR102016013902-3A2 descreve um “PROCESSO DE REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS UTILIZANDO BIOMASSA FÚNGICA COMO LEITO FIXO EM UM SISTEMA DE BIORREATOR EM BATELADA”, que utiliza a biomassa fúngica de *Agaricus bisporus*, bem como, seu complexo enzimático, seguido das etapas de repouso, floculação (sem aditivos químicos) e filtração com eficiência de remoção de até 93%. A presente patente além de também não utilizar aditivos químicos durante o processo, difere de BR102016013902-3A2 por não fazer necessário o uso de agentes floclulantes.

**[012]** O processo pode ainda, ser feito apenas a partir de complexos enzimáticos, utilizando enzimas oxidativas produzidas pelo metabolismo do microrganismo. Os principais fungos utilizados para esse tipo de processo são os fungos lignolíticos pertencentes ao grupo dos Basideomicetos. Um dos fungos utilizados nesse tipo de biorremediação é o *Pleurotus pulmonarius* reconhecido como agente biorremediador de corantes reativos no depósito PI0409'736-0A, onde o corante azul-bf-r foi 95% descolorido em 4 dias.

**[013]** Os processos descritos acima, em geral produzem subprodutos tóxicos, sobretudo ao degradar corantes aromáticos (Hunger, CHIMIA International Journal for Chemistry, v. 48, n. 11, p. 520-522, 1994; Husain, Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, v. 9, n. 2, p. 117-140, 2010), no caso dos tratamentos baseados em degradação química, podem produzir reações paralelas, formando íons inorgânicos, cloro, radicais hidroxila e outras reações indesejáveis como a formação de amins aromáticas, as quais podem ser mais tóxicas do que o próprio corante inicial, contido no efluente. Em geral, a descoloração de efluentes é mais eficiente em meio líquido, assim a formação de lodos contendo corante, apenas dificulta seu tratamento. Além disso, são processos demorados que duram dias, além de serem dependentes de condições ambientais reguladas, principalmente pH, temperatura e oxigenação (Teixeira e Jardim, Caderno Temático, vol. 3. Universidade Estadual de Campinas–UNICAMP, p. 6-13, 2004).

**[014]** Por outro lado, os métodos de adsorção são atrativos devido à sua elevada eficiência na remoção de vários tipos de corantes, de forma que se utilizam de processos economicamente mais viáveis e fazem uso de materiais de baixo custo (Saratale *et al.*, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, v. 42, n. 1, p. 138-157, 2011).

**[015]** O método de adsorção biológico é conhecido como biossorção, definida como uma absorção passiva, que pode ser feita por materiais biológicos vivos ou mortos, ou materiais derivados de organismos, que ocorre essencialmente na parede celular (Vijayaraghavan e Yun, Journal of Hazardous Materials, v. 141, n. 1, p. 45-52, 2007). Sendo um processo vantajoso por não depender de energia ou condições estabelecidas, além de ser um método rápido de tratamento (Rose e Devi, Beni-Suef University journal of basic and applied sciences, v. 7, n. 4, p. 688-694, 2018). Assim, a biossorção pode ser empregada, alternativamente, para tratar efluentes têxteis, porque combina as vantagens da adsorção com o uso de biossorventes naturais, de baixo custo, ecológicos e renováveis.

**[016]** Nos processos de biossorção utilizando fungos filamentosos, a biomassa é utilizada para adsorver os contaminantes tóxicos dos efluentes (Dotto *et al.*, Green chemistry for dyes removal from wastewater: Research trends and applications, p. 295-329, 2015). O uso de biomassas tem sido incentivado em vista da abundância e baixo custo desses materiais, aumentando a atratividade deste processo na remoção de contaminantes de efluentes. A biomassa de fungos tem mostrado boa capacidade de sorção de diferentes contaminantes de meios aquosos (Li *et al.*, Ecotoxicology and environmental safety, v. 147, p. 357-366, 2018). Em particular, algumas biomassas fúngicas apresentam um grande potencial bioabsorvente, pois são compostas por quitina, glucanos e proteínas, que por sua vez, possuem grupos funcionais como amina, hidroxila e carbonila. Esses grupos fornecem ativos para absorver moléculas diferentes (Escudero *et al.*, Environmental Chemistry Letters, v. 17, n. 1, p. 409-427, 2019), causando fortes forças atrativas entre o corante e a parede celular (Solis *et al.*, Process Biochemistry, v. 47, n. 12, p. 1723-1748, 2012).

**[017]** Dentre os fungos utilizados para biorremediação de efluentes coloridos destacam-se os do gênero *Aspergillus*, onde as espécies *A. niger*, *A. terreus*, *A. oryzae*, *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. alabamensis* e outras já foram testadas na descoloração de uma gama de corantes, como o *direct violet*, *fast green*, *vermelho congo*, *Reactive Red 198*, *Brilliant Green* e outros (Esmaeili e Kalantari, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 28, n. 3, p. 1125-1131, 2012; Kumar *et al.*, *Process biochemistry*, v. 47, n. 9, p. 1388-1394, 2012; El-Rahim *et al.*, *Journal of biotechnology*, v. 260, p. 11-17, 2017). Onde a biossorção dos corantes *Basic Blue 9*, *Acid Blue 29*, *Vermelho Congo* e do *Disperse Red 1* a partir da biomassa de *A. niger* foram ligadas principalmente a interações eletrostáticas, mas com atuação de outras forças, além de uma adsorção física e química (Sen *et al.* *Fungal Biology Reviews*, v. 30, n. 3, p. 112-133, 2016).

**[018]** A patente US7935257B2 faz uso do fungo *Rhizomucor pusillus* para tratamento de águas residuais provenientes de indústrias, contaminadas com corantes, especialmente do tipo azo. A presente patente difere de US7935257B2 por utilizar a biomassa de *Aspergillus sp.* para remoção de diversos tipos de corantes, de classes diferentes, como azo, nitro, indigóides e outros, bem como otimizar o processo de tratamento com o uso de biorreator para aplicação num filtro biológico, e ainda, por ser um processo rápido.

**[019]** A patente WO2008104997A2 descreve processo de adsorção biológica para redução de cor, DBO, DQO e TDS de efluentes de destilarias, utilizando biomassa de *Aspergillus oryzae*, podendo estar em combinação com outros materiais biológicos, físicos e químicos. A presente invenção difere de WO2008104997A2 por não haver necessidade do uso adicional de materiais no processo, diluição do meio e fazer uso de biorreator, otimizando ainda mais o tratamento, além de ser aplicado a diversos tipos de efluentes que contenham corantes.

**[20]** Assim, a criação de um filtro biológico baseado no processo de bioadsorção da biomassa de fungos do gênero *Aspergillus*, para tratamento de efluentes têxteis surge como uma alternativa para diminuição dos impactos ambientais e de saúde pública gerados pelas águas residuais, contaminadas por uma série de corantes sintéticos. Além disso, um processo de biorremediação num tempo curto e sem condições específicas para realização (temperatura, pH, aeração e outras), possibilita um tratamento acelerado e de maior vazão, assim como a reutilização da água tratada, sendo aplicável a diversos segmentos da indústria.

**[021]** Um filtro biológico é uma tecnologia de baixo custo, simples de operar e, conseqüentemente, adequada para aplicações de pequeno e médio porte, usando um equipamento simples e prontamente disponível. Além de não usar aditivos químicos durante o processo, uma vez que para descoloração do efluente têxtil em questão, é desnecessário a calibração de pH, a utilização de solventes orgânicos ou agentes flocculantes. Esse método possui várias vantagens de engenharia de processo, incluindo operações de alta eficiência e escalabilidade relativamente fácil a partir de um procedimento em escala de laboratório. Não foram encontrados documentos que antecipem as informações descritas, conforme observado na técnica citada. Acredita-se assim que a invenção atende à demanda industrial, por apresentar um processo eficiente, simples e de baixo custo.

### **Descrição da Invenção**

**[022]** Invenção referente a um filtro biológico para tratamento de efluentes industriais coloridos e de seu respectivo processo de tratamento, baseado na bioadsorção de partículas a partir da biomassa fúngica sem necessidade de controle de condições ambientais ou de viabilidade celular, assim reduzindo o número de processos e conseqüentemente o tempo e custo em comparação as metodologias encontradas no atual estado da técnica.

**Descrição detalhada da Invenção**

**[023]** A presente invenção fornece um sistema filtrante ou filtro, composto por um cartucho, material filtrante ou refil biológico cujo processo utiliza da propriedade de bioadsorção da biomassa fúngica de espécies de fungos filamentosos, preferencialmente do gênero *Aspergillus*, para o tratamento de águas residuais que apresentam contaminação por corantes, permitindo o contato da biomassa com o efluente para o tempo de contato necessário para máxima descoloração e redução da toxicidade do efluente.

**[024]** A redução de cor e outros parâmetros do efluente ocorre pela bioadsorção de partículas de corante e outras substâncias orgânicas e inorgânicas do efluente, na parede celular do fungo. A biomassa fúngica é utilizada até o nível de saturação das células fúngicas para adsorção.

**[025]** As etapas do filtro, de acordo com a invenção, compreendem: a entrada do efluente bruto, um tratamento primário, um tratamento secundário e a saída do efluente tratado, como pode ser observado na figura 1.

**[026]** Figura 1 Processo do Biofiltro para tratamento de efluentes têxteis.

Inicialmente, o biofiltro recebe o efluente bruto armazenado, podendo compreender o uso de uma bomba acoplada para aumento de vazão, promove a distribuição e homogeneização do efluente no sistema de tratamento de acordo com sua capacidade. Em seguida, compreende uma etapa de tratamento onde a filtração do efluente a ser tratado é realizada (tratamento primário). Trata-se de uma etapa de pré-filtração, encarregada de remover os componentes sólidos dispostos no efluente através de um pré-filtro de areia, onde os resíduos sólidos podem ser manipulados. Posteriormente, o efluente previamente tratado é transportado para uma etapa de filtração biológica (tratamento secundário) onde entra em contato com um meio filtrante biológico (biomassa fúngica). Esta unidade de tratamento biológica é composta por um compartimento que abriga a biomassa, a qual permite a bioadsorção do corante presente no efluente. Por fim, o efluente tratado é liberado, podendo ser reutilizado, uma vez que não apresenta cor ou toxicidade.

**[027]** Para o processo de tratamento foram seguidas as etapas de preparação da biomassa (crescimento, secagem e pesagem) e biotratamento (aplicação da biomassa pesada no efluente industrial colorido), permitindo o contato da biomassa com o efluente por até 2 horas, observando-se o tempo de contato necessário para máxima descoloração do efluente.

**[028]** A presente invenção é melhor descrita de acordo com os exemplos a seguir:

#### Exemplo 1: Inóculo e preparação da biomassa

**[029]** Os fungos foram inoculados em tubos de ensaio contendo meio *Czapek Dox Agar* (Himedia®), incubados a 30°C durante 120 horas. Após completamente esporulados, foram inoculados em *enlenmeyers* de 250ml contendo 80ml de caldo glicosado (10g/L de extrato de carne, 3g/L de peptona e 20g/L de glicose) e incubados a 30°C em agitação (120 RPM) durante 96 horas.

**[030]** A biomassa obtida foi seca em bomba à vácuo e pesada em balança analítica, para mensurar a quantidade de biomassa a ser utilizada para o tratamento do efluente. Após a pesagem, essa biomassa foi reidratada em 90ml de água deionizada sob agitação a 120RPM por pelo menos 15min, e feitos ensaios de descoloração com diferentes corantes industriais nas concentrações de 50mg/L, 150mg/L e 300mg/L. Para isso, foram adicionados 10ml de solução corante aos frascos contendo a biomassa reidratada, o processo foi monitorado a cada 10 minutos durante a primeira hora e a cada 30min durante a segunda hora. Terminado o tempo de monitoramento, o corante foi retroalimentado, para medir a saturação do fungo em descolorir a solução, também monitorados durante 2h. Assim, a cada retroalimentação a concentração foi dobrada, utilizando-se concentrações acima de 1g/L.

**[031]** O processo foi repetido ainda, com efluentes contaminados com corantes, utilizando a biomassa seca, independentemente de viabilidade celular ou condições ambientais. Para o tratamento a biomassa seca e pesada foi colocada num frasco tipo *erlenmeyer* e foram adicionados 100mL do efluente. A descoloração do efluente foi observada no processo de 120min e o biotratamento foi acompanhado por 120h, observando variáveis como pH, temperatura, carbono total e outras.

#### Exemplo 2: Processo em biorreator

**[032]** Após otimização do processo descrito, a etapa de preparação da biomassa passou por um escalonamento, e passou a ser produzida em biorreator, para incorporação no filtro biológico. Para o inóculo em biorreator, os esporos foram primeiramente inoculados em *erlenmeyers* de 250ml contendo 80ml de caldo glicosado e incubados a 30°C em agitação (120 RPM) durante 24 horas. Posteriormente, esse fermentado foi inserido em biorreator num volume final de 800ml de caldo glicosado, aeração de 1 ATM, temperatura de 25°C e agitação de 300 RPM durante 24h, produzindo-se aproximadamente 60g a cada fermentação. A biomassa produzida por escalonamento foi acondicionada em um compartimento no interior do filtro.

**[033]** A otimização dos parâmetros do processo de descoloração do efluente têxtil utilizando biomassa fúngica mostra forte propriedade de adsorção para as partículas de cor e pode adsorver a cor do efluente sem necessidade de qualquer diluição, assim como pôde reduzir alguns parâmetros importantes de poluição.

#### Exemplo 3: Análise dos resultados

**[034]** Para análise da descoloração do efluente em todos os ensaios foi feita a varredura espectral, a partir do espectrofotômetro Ultrospec 7000 (entre os comprimentos de onda de  $\lambda = 330-1000$  nm e utilizando água destilada como referência). Os resultados foram expressos em porcentagem de descoloração.

**[035]** As análises de descoloração foram feitas de acordo com a fórmula segundo Govindwar e colaboradores, 2014:

$$\text{Descoloração (\%)} = [(A_i - A_t) / A_i] \times 100$$

Com  $A_i$  sendo a absorvância inicial da amostra e  $A_t$  a absorvância ao longo do tempo ou a absorvância final.

**[036]** Os resultados visuais das descolorações de corantes e de efluentes podem ser observados nas Figuras 2, 3 e 4.

**[037]** Figura 2 Descoloração do corante azo *Direct Black 22* em concentração 50mg.L<sup>-1</sup>. a – Descoloração com o fungo *Aspergillus tamaraii* Kita UCP 1279 em 75 minutos; b - Descoloração com o fungo *Aspergillus niger* URM 5838 em 120 minutos.

**[038]** Figura 3 Descoloração de corantes industriais, obtidos justo as lavanderias de Caruaru, Pernambuco, Brasil, com o fungo *Aspergillus tamaraii* Kita UCP 1279 em concentração 50mg.L<sup>-1</sup>, em 60min, com biomassa viva. a - 78GR Turquesa – Corafix; b - Amarelo Coralin BR (Reativo) – Coratex; c - Vermelho Coralin BR (Reativo) – Coratex.

**[039]** Figura 4 Descoloração de efluente têxtil de lavanderia de Toritama, Pernambuco, Brasil, com o fungo *Aspergillus niger* URM 5838 em 120 minutos.

**[040]** As análises das descolorações podem ser observadas nas Figuras 5 e 6.

**[041]** Figura 5 Descoloração do corante azo *Direct Black 22* em concentração 50mg.L<sup>-1</sup> com o fungo *Aspergillus japonicus* URM 5620, com diferentes massas, em 120 minutos. a – Primeira Descoloração; b – Primeira reutilização da biomassa e retroalimentação de corante; c – Segunda reutilização da biomassa e retroalimentação de corante.

**[041]** Figura 6 Descoloração do corante azo *Direct Black 22* com os fungos *Aspergillus japonicus* URM 5620, *Aspergillus niger* URM 5741 e *Aspergillus niger* URM 5838, em concentração 50mg.L<sup>-1</sup>(a), 150mg.L<sup>-1</sup>(b) e 300mg.L<sup>-1</sup>(c) em 120 minutos, com 200mg de biomassa.

## REIVINDICAÇÕES

- 1) Filtro biológico de biomassa fúngica para tratamento por bioadsorção de efluentes com carga de corantes e respectivo processo de tratamento, **caracterizado por** compreender um cartucho, elemento filtrante ou refil de biomassa fúngica.
- 2) Filtro biológico de biomassa fúngica para tratamento por bioadsorção de efluentes com carga de corantes e respectivo processo de tratamento, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado por** conter um cartucho, elemento filtrante ou refil biológico envasado em um recipiente, contendo pelo menos um canal para entrada de efluente e pelo menos um canal para saída de água tratada.
- 3) Tratamento por bioadsorção de efluentes com carga de corantes, **caracterizado por** compreender a utilização da biomassa de fungos filamentosos, preferencialmente do gênero *Aspergillus*.
- 4) Filtro biológico de biomassa fúngica para tratamento por bioadsorção de efluentes com carga de corantes e respectivo processo de tratamento, de acordo com a Reivindicação 3, **caracterizado por** descolorir efluentes contendo corantes do grupamento azo, indigoides, nitro e outros a partir da bioadsorção de partículas.
- 5) Filtro biológico de biomassa fúngica para tratamento por bioadsorção de efluentes com carga de corantes e respectivo processo de tratamento, de acordo com a Reivindicação 3, **caracterizado por** descolorir todos os corantes em até 120 minutos, a depender da quantidade de biomassa utilizada, sendo necessários 4g para descolorir 100% do corante em 10min, num volume de 100mL e concentração de 50mg/L.

6) Filtro biológico de biomassa fúngica para tratamento por biossorção de efluentes com carga de corantes e respectivo processo de tratamento, de acordo com a Reivindicação 3, **caracterizado por** permitir a reutilização da biomassa.

7) Filtro biológico de biomassa fúngica para tratamento por biossorção de efluentes com carga de corantes e respectivo processo de tratamento, de acordo com a Reivindicação 3, **caracterizado por** adotar o processo com a biomassa viva ou morta do fungo filamentoso.

8) Filtro biológico de biomassa fúngica para tratamento por biossorção de efluentes com carga de corantes e respectivo processo de tratamento, de acordo com a Reivindicação 3, **caracterizado por** ocorrer em quaisquer condições ambientais, alterando apenas o tempo de contato entre o biossorvente e o contaminante.

## DESENHO

Figura 1.

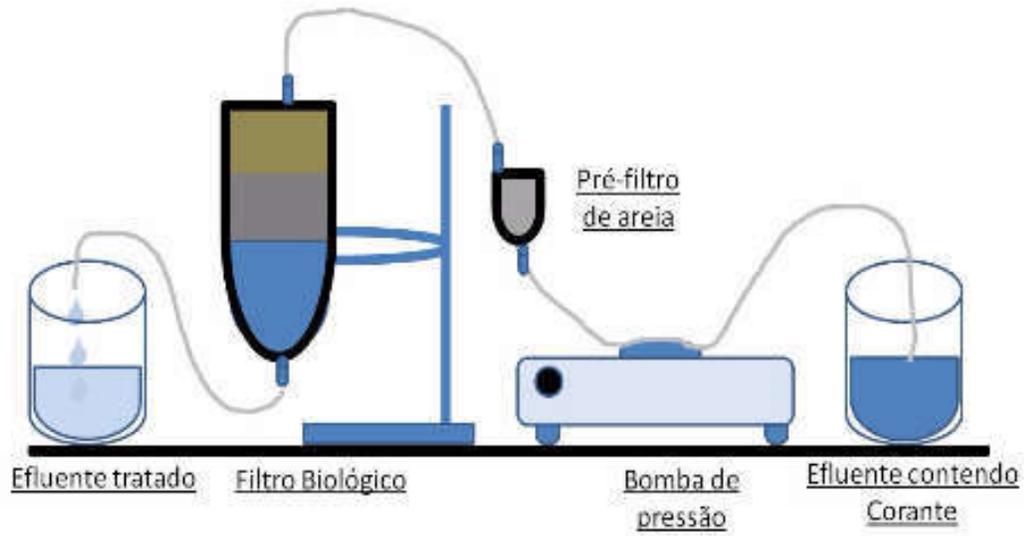


Figura 2.

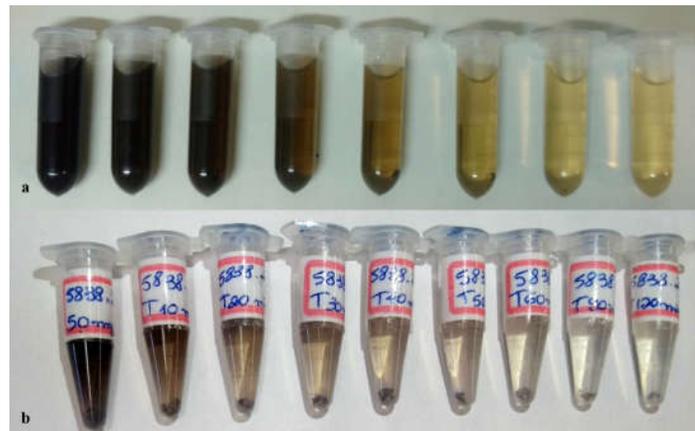


Figura 3.

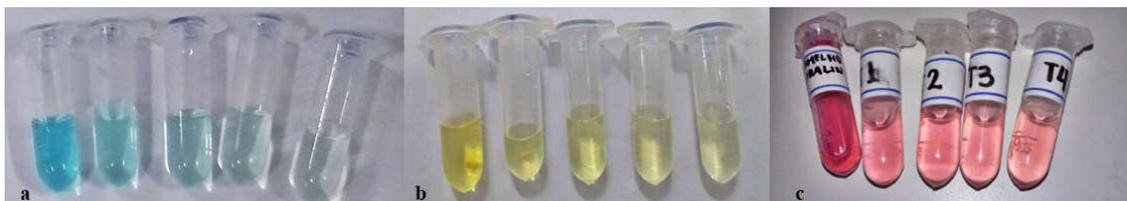


Figura 4.

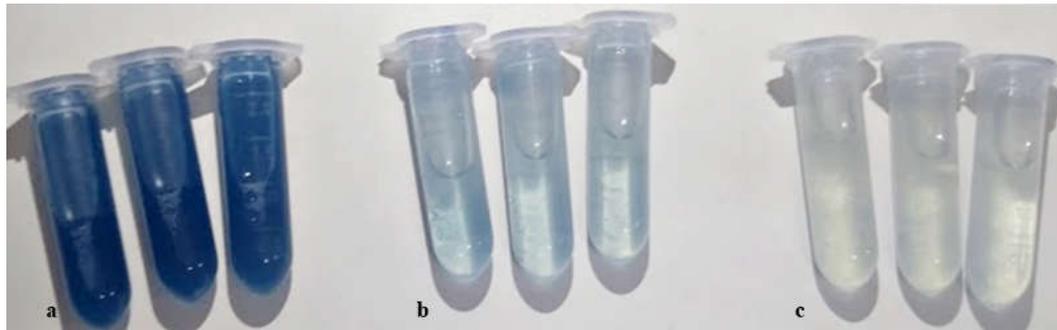


Figura 5.

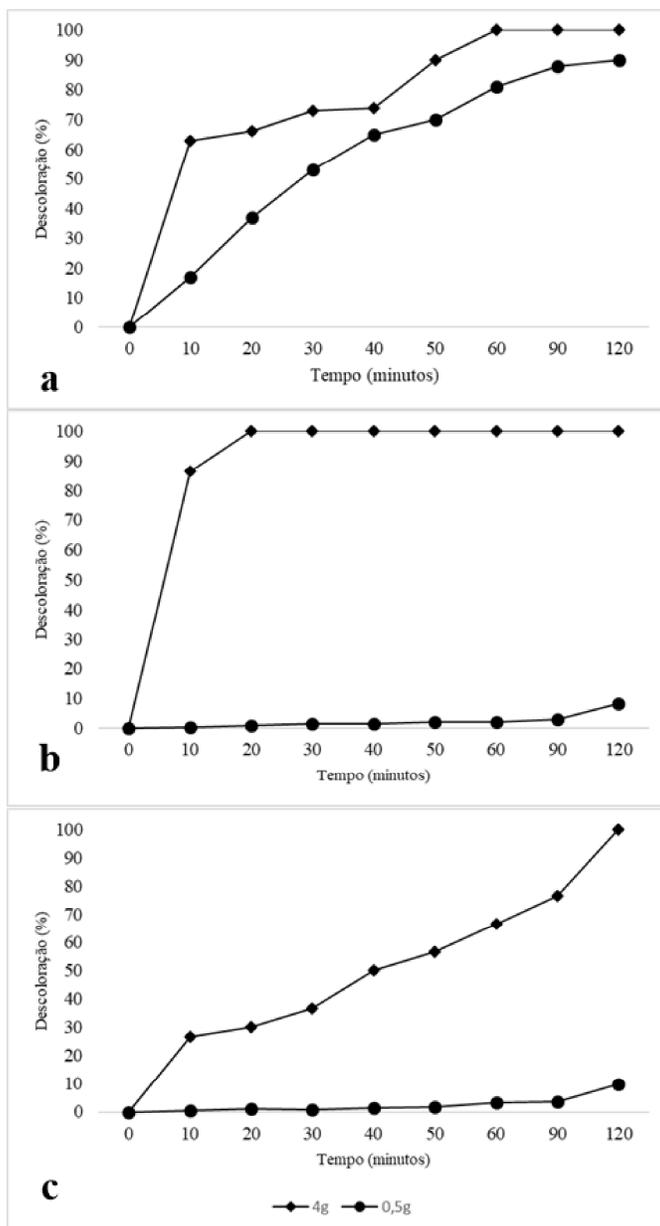
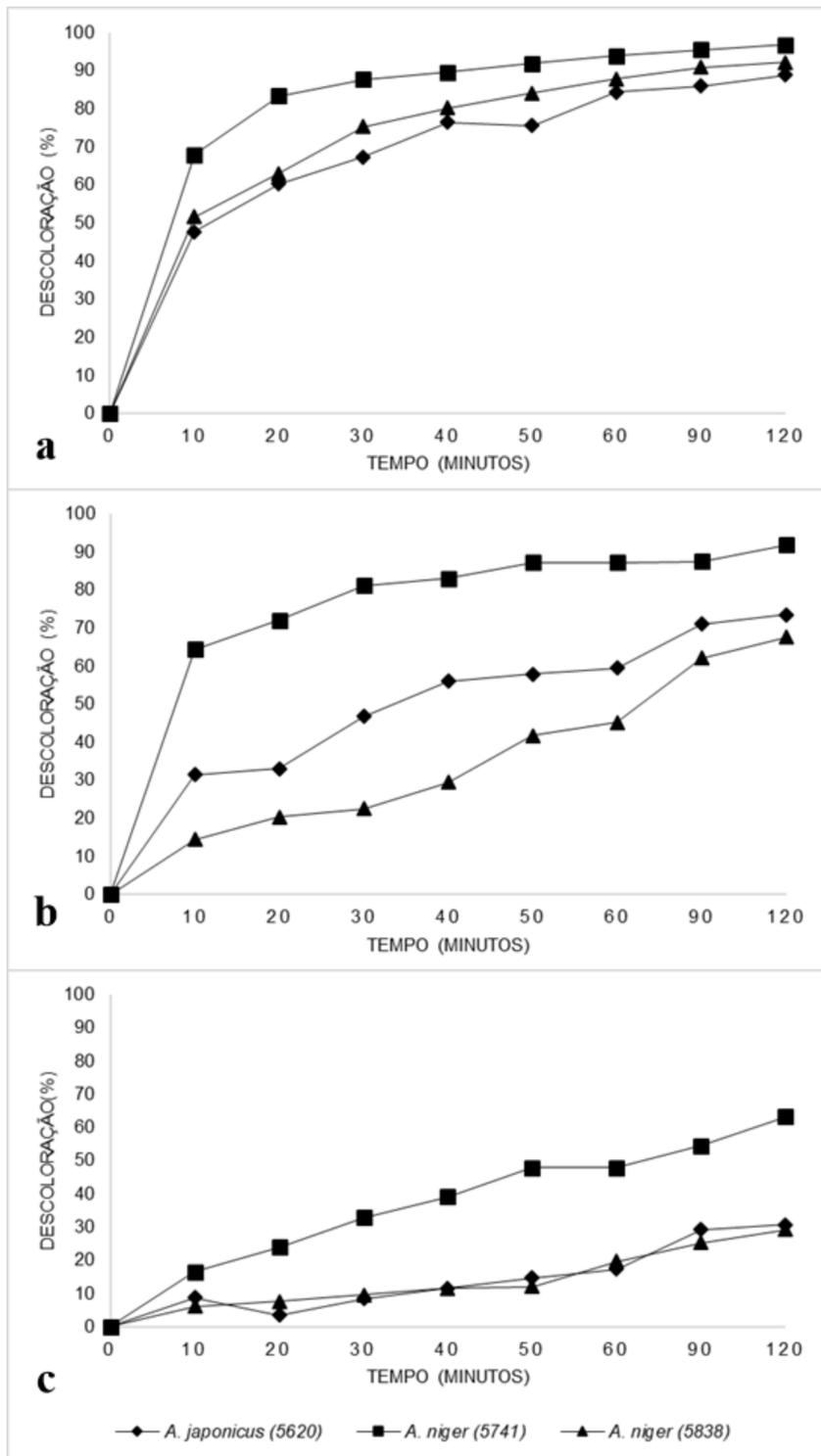


Figura 6.



**RESUMO****FILTRO BIOLÓGICO DE BIOMASSA FÚNGICA PARA TRATAMENTO POR  
BIOSSORÇÃO DE EFLUENTES COM CARGA DE CORANTES E  
RESPECTIVO PROCESSO DE TRATAMENTO**

Esta invenção proporciona um filtro biológico que consiste na utilização de um cartucho, material filtrante ou refil de biomassa de fungos filamentosos, preferencialmente do gênero *Aspergillus*, para tratamento de efluentes coloridos através do processo de biossorção. O cartucho permite o contato da biomassa com o efluente em quaisquer condições ambientais, independentemente de viabilidade celular, num processo de até 120min para máxima descoloração e redução de toxicidade do efluente. A água tratada pode ser reciclada ou eliminada conforme legislação. Assim, a presente invenção fornece um método e um produto seguro, econômico, compacto, fácil de aplicar, rápido, sem liberação de subprodutos, e conseqüentemente, ecologicamente correto, para o problema do tratamento e disposição de efluentes industriais coloridos.