REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

MINISTÉRIO DA ECONOMIA

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº BR 102016013902-3

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 102016013902-3

(22) Data do Depósito: 15/06/2016

(43) Data da Publicação Nacional: 26/12/2017

(51) Classificação Internacional: C02F 9/14; C02F 1/52; C02F 3/32; C02F 101/30; C02F 101/38; C02F 103/30.

(54) Título: PROCESSO DE REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS UTILIZANDO BIOMASSA FÚNGICA COMO LEITO FIXO EM UM SISTEMA DE BIORREATOR EM BATELADA

(73) Titular: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI. CGC/CPF: 21186804000105. Endereço: PRAÇA FREI ORLANDO, 170 CENTRO, São João Del Rei, MG, BRASIL(BR), 36307-352, Brasileira

(72) Inventor: JOSÉ CARLOS DE MAGALHÃES; BRENER MAGNABOSCO MARRA; VAGNER FERNANDES KNUPP; VANESSA GONÇALVES DA COSTA; DANIELA CAMPOS DOS SANTOS.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 15/06/2016, observadas as condições legais

Expedida em: 12/07/2022

Assinado digitalmente por:
Liane Elizabeth Caldeira Lage
Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

PROCESSO DE REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS UTILIZANDO BIOMASSA FÚNGICA COMO LEITO FIXO EM UM SISTEMA DE BIORREATOR EM BATELADA

[01] O presente pedido de patente de invenção refere-se a um processo para tratamento de efluente de indústria têxtil por meio da remoção/descoloração de corantes com alta eficiência, utilizando um biorreator em batelada, que possui um leito fixo de biomassa fúngica de *Agaricus bisporus* e seu respectivo complexo enzimático, seguido das etapas de repouso, floculação sem aditivos químicos e filtração. Este processo pode ser utilizado em dois setores econômicos: setor têxtil e tratamentos de efluentes (corantes têxteis do efluente líquido).

[02] De acordo com Cerqueira (CERQUEIRA, A.A. *Aplicação da técnica de eletrofloculação no tratamento de efluentes têxteis*, Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2006), muitos são os métodos utilizados no tratamento de efluentes industriais, e estes podem ser divididos em 3 categorias: químicos, físicos e biológicos, estando diretamente relacionados ao tipo de efluente gerado, ao controle operacional da atividade industrial e das características da água utilizada. Os processos químicos são baseados na reação do corante com alguma substância que o converte em substância ambientalmente menos prejudicial. Os processos físicos promovem a remoção do corante por meio da sua retenção em algum meio adsorvente ou filtrante. Os processos biológicos, por sua vez, utilizam oxidação por meio de microrganismos em condições aeróbias ou anaeróbias. Segundo Kunz (KUNZ, AIRTON; PERALTA-ZAMORA, PATRICIO; MORAES, SANDRA GOMES DE; DURÁN, NELSON. *Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis*. Química Nova (Impresso), v. 25, p. 78-82, 2002.), em geral, na indústria têxtil atualmente os processos de tratamento estão fundamentados na operação de sistemas físico-químicos de precipitação-coagulação, seguidos de tratamento biológico via sistema de lodos ativados. O sistema apresenta uma

eficiência relativamente alta, permitindo a remoção de aproximadamente 80% da carga de corantes, embora provoque um problema ambiental maior devido ao acúmulo de lodo, uma vez que o teor de corantes adsorvido é bastante elevado, impedindo qualquer possibilidade de reaproveitamento. Observa-se, assim, que os sistemas atuais correspondem a sistemas não destrutivos, apenas transferem o problema, uma vez que geram um resíduo sólido nocivo ao meio ambiente.

[03] A alternativa que vem se destacando é a biodegradação, principalmente a que envolve o uso de fungos basidiomicetos para a descoloração de efluentes têxteis. Os fungos da espécie *Agaricus bisporus* são empregados na maioria das pesquisas para obtenção do seu extrato enzimático e sua matriz fúngica em processo de adsorção e para construção de biossensores. O fungo *Agaricus bisporus* possui polifenoloxidases, principalmente a tirosinase, no seu complexo enzimático. Essas enzimas vêm sendo muito utilizadas para o tratamento de remoção de corantes têxteis como demonstrado em SILVA (SILVA, R. L. L.; COELHO, M. A. Z.; CAMMAROTA, M. C. *Remoção de cor de efluentes têxteis com cogumelos* ***Agaricus bispora***. Acta Scientiarum. Technology (Online), v. 32, p. 219-225, 2010), bem como para a remoção de fenol descrita em SILVA (SILVA, L. M. C. (Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química. *Utilização do tecido fúngico (corpo de frutificação) de* ***Agaricus bisporus*** *como biocomponente no desenvolvimento de um biossensor amperométrico de fenol*. Rio de Janeiro, 2009).

[04] A principal, e mais próxima ao nosso invento, referência encontrada na área de descoloração de efluente é de CAMMAROTA (CAMMAROTA, Magali Christe; Coelho M. A. Z.; SALGADO, Andréa Medeiros; CAMPOS, Juacyara Carbonelli. "*Remoção de cor de efluentes têxteis usando cogumelos* ***Agaricus bispora****"*. 2008. Dissertação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro). O estudo avaliou o efeito da granulometria, do processamento e da massa do cogumelo no

processo de descoloração de um efluente têxtil sintético e concluiu que o efeito era meramente de adsorção da cor e não por ação enzimática. Isso também foi demonstrado, com resultados semelhantes, em outro trabalho da mesma autora (CAMMAROTA, M. C.; COELHO, M. A. Z. "*Application of tyrosinase obtained from* ***Agaricus bispora*** *for color removal from textile effluents*". In: Third European Meeting in Oxizymes, 2006, Oeiras. Abstract Book - Third European Meeting in Oxizymes. Oeiras: Microbial and Enzyme Technology Lab., 2006), cujos resultados mostram que a substituição do extrato enzimático pela matriz fúngica resultou em maior redução de cor.

[05] Os trabalhos apresentados na literatura utilizando bactérias, fungos e microalgas para a descoloração de efluentes têxteis têm necessidade de isolamento e cultivo desses micro-organismos em parâmetros específicos para promover a descoloração, como é observado em Narasimhulu (NARASIMHULU, KORRAPATI; SETTY, Y.PYDI. *Studies on biodecolourization of industrial wastewater in a Bioreactor*. Recent Advances in Fluid Mechanics, Heat & Mass Transfer and Biology.), que promove o tratamento através de um biorreator de tanque agitado com o fungo *Aspergillus terreus*, em pH 5,0 em modo de fluxo contínuo com diferentes concentrações de corante em efluente têxtil simulado, obtendo como resultado uma remoção de 84,53% com concentração de corante 50ppm em um tempo de retenção hidráulica de 24h. Tem-se também o emprego de colônias mistas de algas para promover a biodegradação como evidenciado em Dilek (DILEK, F.B.; TAPLAMACIOGLU, H. M.; TARLAN,E*. Colour and AOX removal from pulping effluents by algae*. Applied and Environmental Microbiology 52: 585-591), sendo este micro-organismo sendo utilizado como inóculo em biorreatores para promover a descoloração do efluente industrial.

[06] Além dessas publicações, listam-se a seguir, outras referências, as

quais, entretanto, não se configuram como anterioridade para efeito de deferimento de presente pedido de patente, quais sejam:

i) a uma publicação (Fu and Viraraghavan, 2001, *Fungal decolorization of dye wastewaters: a review*. Bioresource Technology 79:251-262), cujos resultado mostra que a biomassa fúngica atua como bioadsorvente para o tratamento de efluentes contendo corantes. Entende-se que o mecanismo de bioadsorção é apenas uma transferência desses xenobióticos, não ocorrendo a sua degradação, apenas sua concentração.

ii) a uma publicação (Michel et al, 1991. *Role of manganese peroxidases (MNP) and lignin peroxidases (LIP) of Phanerochaete chrysosporium in the decorization of kraft bleach plant effluent*. Applied and Environmental Microbiology 57:2368-2375), mostrando que o efluente foi descolorido ao entrar em contato com a biomassa do fungo *Phanerochaete chrysosporium*, que vem sendo cultivado previamente, levando o prazo de 10 dias para promover o tratamento.

iii) a patente (U.S. Pat. Nº. 8017374 B2, intitulada *"Processes for decolorization of colored effluents"*, 13, Set. 2011), a qual trata de um processo de descoloração de efluentes coloridos, utilizando um fungo marinho não identificado NIOCC # 2ª, em condição de 30°C a 60°C e a um pH de 3 a 6. Além de utilizar água do mar com 25 partes por mil de salinidade.

[07] O efluente têxtil demanda tratamento específico devido à presença de corantes na sua composição, os quais ocasionam ao efluente baixa degradabilidade. Uma alternativa que vem sendo estudada é o tratamento microbiológico, principalmente por espécies de fungos. Esses micro-organismos apresentam grande versatilidade nutricional e variados mecanismos bioquímicos, fato que possibilita seu emprego no tratamento de uma vasta gama de corantes. A proposta que se apresenta é o aproveitamento

de resíduos alimentícios do cogumelo (não aproveitados na alimentação) como leito fixo em um biorreator para a remoção/descoloração de corantes têxteis.

[08] O diferencial da presente invenção é:

i) tratamento eficaz e de baixo custo com o aproveitamento da matriz fúngica de cogumelos em estado de decomposição que seriam descartados;

ii) o material não demanda de maiores tratamentos prévios, uma vez que apenas é realizado o procedimento de fatiamento da biomassa fúngica para obter a granulometria ideal;

iii) não há emprego de aditivos químicos, pois durante o processo não há necessidade de calibração do pH, de utilização solventes orgânicos ou agentes floculantes para remover material orgânico presente nesse tipo de efluente industrial;

iv) não há necessidade de precipitação ou purificação das enzimas fúngicas para o tratamento, uma vez que se promove uma descoloração significativa apenas com a reação enzimática pelo contato do efluente com o interior do fungo (biomassa fúngica);

v) não gera resíduo sólido final nocivo ao meio ambiente, pois a descoloração não é realizada por adsorção e sim por reação enzimática, consequentemente a biomassa apenas sai do processo mais descomposta por ter entrado em contato com o efluente liquido;

vi) o biorreator confeccionado destaca-se, ainda, por ser estrutura adaptável a qualquer planta de tratamento, podendo operar em grande escala e não necessitar de grandes alterações estruturais para incluí-lo.

[09] Até o presente, não há relatos de tratamento eficiente e economicamente interessante a ser empregado nos processos de remoção de corantes nas estações de tratamento (ETE) das indústrias têxteis. Isto ocorre em função do alto custo dos equipamentos e/ou regentes químicos, como por exemplo, as membranas filtrantes e os agentes floculantes, e da demanda de

alterações nas plantas da ETE e geração de resíduos tão ou mais nocivos aos que se desejam tratar. Ao acrescentar o biorreator proposto como uma das etapas no tratamento, essa demanda seria atendida, uma vez que a remoção da cor é feita com um tipo resíduo alimentício, num processo simples, de baixo custo e de poucas etapas. O sistema também apresenta baixo tempo de descoloração/processamento, de 12 a 22h, algo abaixo do que vem sendo preconizado por outros processos, normalmente vinte quatro horas ou mais. No processo de invenção aqui descrito, a matriz fúngica pode ser reaproveitada por vários ciclos de passagens de efluente industrial e o tempo de contato é um dos diferenciais, uma vez que ele ocorre em sistema de reciclo, mantendo todo o efluente homogêneo. Assim, acredita-se que essa inovação atende à demanda industrial, por se tratar de processo simples e de baixo custo. Além disso, o efluente, ao final do tratamento, não apresenta características nocivas ao meio ambiente, face à significativa redução de seus corantes e sem adição de aditivos químicos.

[010] Dessa forma, o processo proposto, cujo biorreator é a etapa inicial, busca aprimorar centrais de tratamento de efluentes (ETE) utilizando um sistema de leito fixo de biomassa fúngica para promover a remoção dos corantes através dos corpos de frutificação do cogumelo *Agaricus bisporus*. A biomassa fúngica, como elemento efetivo no processo, libera o complexo enzimático responsável pela descoloração. O uso dos corpos de frutificação dos cogumelos fatiados em lâminas com granulometria de 1,0 a 2,0 mm apresenta maior eficiência do processo. O protocolo também indica que a matriz fúngica deve estar totalmente submersa no efluente durante o tratamento, de modo a evitar a mera adsorção (sem remoção) e a perda na eficiência. O presente pedido de patente de invenção opera de forma diferenciada do que consta no estado da técnica.

[011] Assim, a presente invenção trata-se de um processo de descoloração de efluente têxtil, sendo empregado um biorreator de leito fixo de biomassa fúngica de *Agaricus bisporus* e seu respectivo complexo enzimático. As etapas

do processo acontecem nesta ordem: biorreator de leito fixo de biomassa com recirculação do efluente corado (figura 1.1), repouso (figura 1.2), floculação sem aditivos químicos (figura 1.3) e filtração (figura 1.4). O processo, (figura 1), apresenta duração total de 12 a 22 horas,passando pelas etapas acima descritas. A primeira etapa tem duração de 1 a 6 horas, quando se detecta um aumento na temperatura e o pH se mantém neutro com atividade máxima descolorante. Nessa etapa, emprega-se o biorreator de leito fixo (figura 2), o qual é composto por dois compartimentos: compartimento superior (figura 2.1) e compartimento inferior (figura 2.2), de modo a propiciar a uniformização da temperatura e permitir uma maior dissipação do calor gerado. A estrutura possui aeração difusa para manter a oxigenação durante o processo em forma de borbulhamento (figura 2.3). Cada parte apresenta um reciclo particular e há também um reciclo entre elas (figura 2.4), sendo a vazão dos reciclos a mesma para todos os compartimentos. A biomassa fúngica de *Agaricus bisporus* fica aprisionada por telas (figura 2.5) em ambos os compartimentos. O segundo compartimento é inclinado de modo que o escoamento favorece o reciclo e a dissipação do calor, fazendo com que a biomassa fique completamente submersa. Os compartimentos permitem a retirada de amostras a qualquer momento sem que ocorra perda de calor, ou seja, sem que o processo seja interrompido. Após o término da primeira etapa, o efluente é direcionado para os tanques de repouso, onde permanece por 10 a 14 horas, tempo em que o efluente é descolorido. Esses tanques de repouso (figura 3) estão dispostos na vertical, para que o reciclo propicie uma homogeneização no processo de descoloração e mantenha a temperatura constante. As duas últimas etapas - floculadores (figura 4) e filtros (figura 5) - são empregadas apenas para eliminar subprodutos liberados durante a reação de descoloração no tanque de repouso. Essas etapas têm duração de 1 a 2 horas. Os floculadores (figura 4) apresentam em sua estrutura uma bomba de recirculação (figura 4.1) onde, a cada vinte minutos, o efluente recicla para fazer a homogeneização. Eles estão conectados para promover a saída do lodo (figura 4.2) após o período de

repouso. As entradas de efluente (figura 4.4) e saídas (figura 4.3) são independentes. A etapa final é a de filtração, na qual atuam três filtros acoplados, de forma que o filtro de cerâmica biológica (figura 5.1) retira os sólidos grosseiros; o filtro de areia (figura 5.2) retira as partículas que passaram pelo filtro anterior; e o filtro de perlon (figura 5.3) retira as micropartículas. Além das estruturas nas diferentes etapas, existem os segmentos intermediários (figura 6), os quais funcionam como caixas de passagens que auxiliam na filtração e na homogeneização do efluente durante o tratamento. Na filtração, esse elemento intermediário (figura 6.2) contribui num fluxo mais lento aumentando a eficiência da remoção de pequenos flocos formados durante o processo, sendo o intermediário entre os floculadores e os filtros. Já nos outros casos, ele promove a entrada do efluente bruto no processo (figura 6.3), por onde entra o efluente bruto nos reatores, e a homogeneização do efluente descolorido do tanque de repouso para os floculadores (figura 6.1). Esses intermediários permitem que o efluente fique em constante circulação.

[012] O processo opera numa proporção de, respectivamente 1 litro de efluente para 20 a 100 gramas de biomassa fúngica, num sistema de filtros de recirculação/retenção, onde a biomassa fúngica atua como leito fixo. Com isso, este pedido de patente é uma alternativa de aproveitamento de resíduos alimentícios, o cogumelo, (não aproveitados na alimentação) como leito fixo em um biorreator para a remoção/descoloração de corantes têxteis. O tratamento ocorre nas seguintes etapas como descrito acima:

i. Biorreator de leito fixo de biomassa fúngica com recirculação do efluente corado: o efluente entra pelo compartimento superior preenchendo todo o seu volume e o volume do compartimento inferior. Colocam-se em ambos os compartimentos as biomassas fúngicas no local especifico, de forma que permanecem aprisionadas para que aconteça seu contato o efluente e de forma que libere o seu complexo enzimático. Na medida em que esse

efluente é recirculado nos compartimentos, há um contato homogêneo do efluente com o complexo liberado de forma que, após o período de duas horas, é possível obter atividade máxima em função do contato. Em seguida, o volume (efluente + complexo enzimático) é liberado para os tanques, para iniciar o repouso.

ii. Repouso: o efluente permanece por 10 a 14 horas enquanto é descolorido pelo complexo enzimático liberado pela biomassa fúngica. O efluente que entra nos tanques tem coloração e aspecto turvo e espesso. Após esse período, o efluente tratado apresenta coloração amarelada, com aspecto turvo e floculado, sendo liberado para os floculadores.

iii. Floculação sem aditivos químicos: o efluente, agora tratado, entra nos floculadores, e primeiramente, por meio de recirculação, esse efluente é agitado. Após o período de 1 a 2 horas, as partículas presentes no efluente sofrem floculação e já podem ser removidas pela filtração.

iv. Filtração: o efluente tratado passa pelos filtros de cerâmica biológica, onde os pequenos flocos dispersos ficam retidos, entrando, em seguida no filtro de areia onde ficam aprisionadas pequenas partículas finas dispersas remanescentes. Por último, o material é processado no filtro de Perlon, onde se dá a retirada de qualquer partícula que os dois filtros anteriores não foram capazes de reter. Essa etapa ocorre apenas para eliminar a turbidez causada pelo excesso de particulado, subprodutos da reação enzimática, dispersos no efluente descolorido.

[013] Durante os experimentos, a descoloração foi acompanhada analiticamente por espectrofotometria, monitoramento da temperatura e do pH. Realizaram-se os ensaios com os corantes azoicos e ftalocianinas e forma simulados efluentes sintéticos com mais de um corante para verificar o limite de descoloração realizada pelo fungo. Ao executar os ensaios apenas com as

soluções dos corantes individuais, obteve-se sucesso em todos os ensaios, sem qualquer perda por adsorção ou por oxidação química. Analisou-se a descoloração por meio de varredura espectrofotométrica das soluções durante todo o experimento, cobrindo a faixa de 350 a 750nm, para confeccionar os espectros de absorção e, dessa forma, determinar o λ máximo de cada corante. Também foram realizadas leituras espectrofotométricas antes e após o tratamento das soluções dos corantes e dos efluentes sintéticos (X e Y) confeccionados. A composição química do efluente sintético X apresenta os corantes Preto Intenso N® e Vermelho Cassafix 5B 250% (com 333,3 mg L^{-1}, de cada corante), e a do efluente sintético Y apresenta os corantes (Azul Turquesa Remazol G 133%, Amarelo Remazol GR gran 133%, Preto Remazol B 133% gran, Remazol Rot RB gran 133% e Remazol Brilliant Orange 3R), também com 333,3 mg L^{-1} de cada corante. Os resultados dessas análises podem ser observados nas tabelas 1 e 2, e mostram uma taxa máxima de até 93% de eficiência na descoloração, confirmando a eficiência do processo como uma alternativa sustentável e ambientalmente correta para a indústria têxtil.

Tabela 1 - **Análise espectrofotométrica da remoção/descoloração dos diferentes corantes pelo tratamento proposto**

Corante	**λ máx**	**Eficiência da descoloração**	**% Cor Residual**
Corante Remazol Rot RB gran 133%	540 nm	92,81 ± 0,02 %	7,19 ± 0,02%
Corante Remazol Brilliant Orange 3R	494 nm	80,90 ± 0,06%	19,10 ± 0,06 %
Corante Vermelho Cassafix 5B	542 nm	91,46 ± 0,01 %	8,54 ± 0,01 %
Corante Amarelo Remazol GR gran 133%	410 nm	56,32 ± 0,03 %	42,68 ± 0,03 %
Corante Preto Remazol B 133% gran	600 nm	65,85 ± 0,05 %	34,15 ± 0,05 %
Corante Preto Intenso N	596 nm	87,21 ± 0,02 %	12,79 ± 0,02 %

Tabela 2 – **Análise espectrofotométrica da remoção/descoloração dos ensaios dos diferentes efluentes simulados (sintéticos) pelo tratamento proposto**

Efluente sintético	λ máx	Eficiência da descoloração	% Cor Residual
X	548 nm	80,72 ± 0,02 %	19,28 ± 0,02 %
Y	520 nm	61,27 ± 0,04 %	31,22 ± 0,04 %

REIVINDICAÇÕES

1- Biorreator em batelada caracterizado por compreender dois compartimentos, quais sejam: um compartimento superior (2.1) e um compartimento inferior (2.2), sendo esse último inclinado em ângulo de 35°a 50° graus em relação ao solo, possuir aeração difusa (2.3), possuir um sistema de reciclo individual em cada compartimento, além de reciclo entre os compartimentos (2.4), empregar como leito fixo biomassa de fungos basidiomicetos da espécie *Agaricus bisporus* em via de descarte, sendo a parte utilizada o seu corpo de frutificação/cogumelos de forma integral, qual seja, contendo 100% de seus elementos biológicos corporais e seu complexo enzimático/metabólico liberado após fatiamento mecânico (2.5), cada parte possibilitar um reciclo particular e também um reciclo entre elas (2.4), possuir telas de aprisionamento da biomassa fúngica (2.5), possuir tanques de repouso dispostos na vertical (3), possuir floculador (4), conectados entre si (4.2), e filtros (5), possuir bombas de recirculação instaladas nos floculadores (4.1), possuir entrada de efluente (4.4) e saída de efluente (4.3); possuir filtro de cerâmica biológica (5.1), o filtro de areia (5.2) e filtro de perlon (5.3) retira as micropartículas; possuir os elementos intermediários para atuação com caixas de passagem (6).

2- Processo de Remoção de Corantes Têxteis, caracterizado por utilizar como leito fixo no biorreator em batelada, de acordo com a reivindicação 1 a biomassa de fungos basidiomicetos da espécie *Agaricus bisporus* (Corpo de frutificação/cogumelos em sua forma integral) mantida por mais de 4 horas à temperatura ambiente, sem refrigeração, qual seja, contendo 100% de seus elementos biológicos corporais e seu complexo enzimático/metabólico liberados tanto de forma natural quanto em função do fatiamento mecânico e acondicionamento no biorreator, compreendendo as seguintes etapas:

a) a primeira etapa com duração de 1 a 6 horas, quando se detecta um aumento na temperatura, e o pH do efluente se mantém neutro com atividade máxima descolorante, utilizando-se o biorreator de leito fixo (2), o qual acontece pelo compartimento superior (2.1) e pelo compartimento inferior (2.2),

de modo a propiciar a uniformização da temperatura e permitir uma maior dissipação do calor gerado;

b) na segunda etapa, o efluente é direcionado para os tanques de repouso (3), onde permanece por 10 a 14 horas, tempo em que o efluente é descorado;

c) na terceira etapa, o efluente já tratado entra nos floculadores (4 e 5), onde inicialmente agita esse efluente por recirculação e depois descansa por cerca de 1 a 2 horas para eliminar os subprodutos liberados durante a reação de descoloração no tanque de repouso, sendo que, a cada 20 minutos, o efluente recicla de modo a fazer a homogeneização, impulsionado pela bomba (4.1);

d) na última etapa, é realizada a filtração, quando o efluente passa por três filtros acoplados (5), de forma que o filtro de cerâmica biológica (5.1) os sólidos grosseiros; o filtro de areia (5.2) retira as partículas que passaram pelo filtro anterior e o filtro de perlon (5.3) retira as micropartículas.

FIGURAS

Figura 1

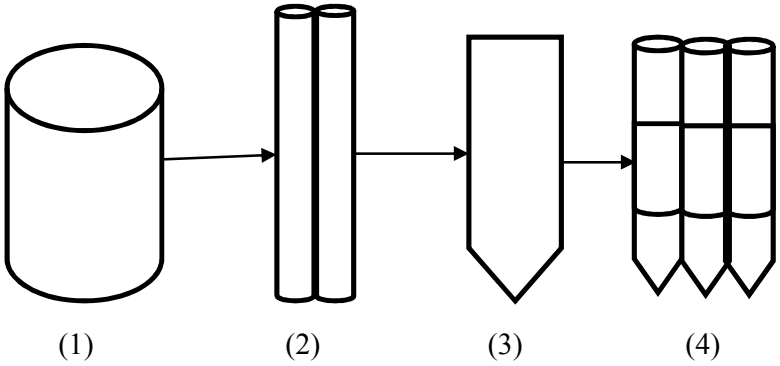

Figura 2

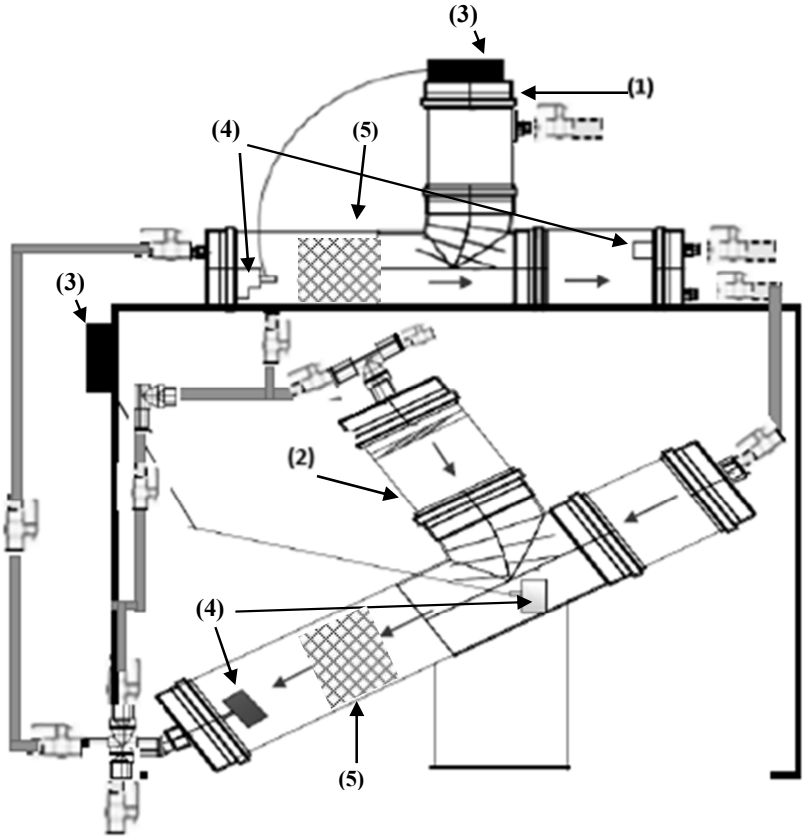

Figura 3

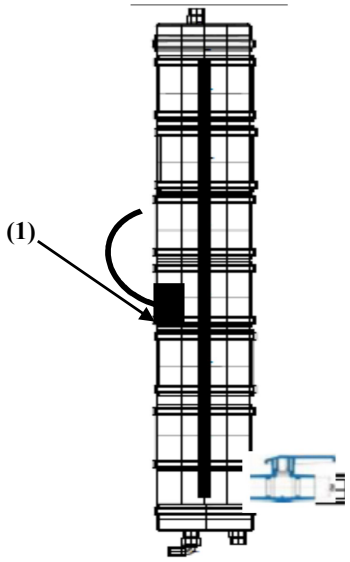

Figura 4

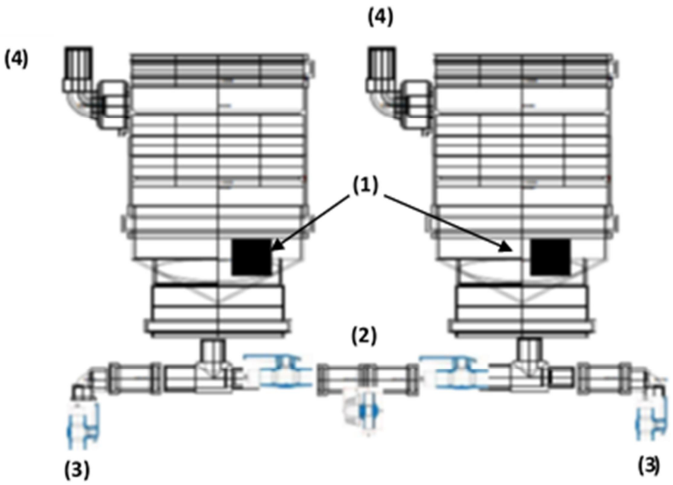

Figura 5

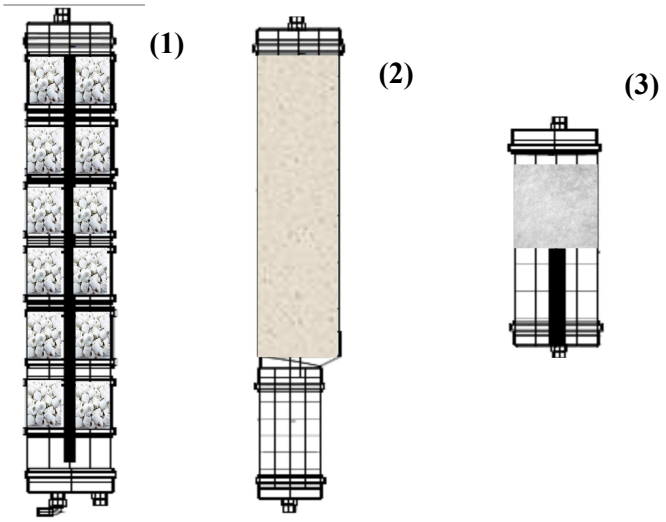
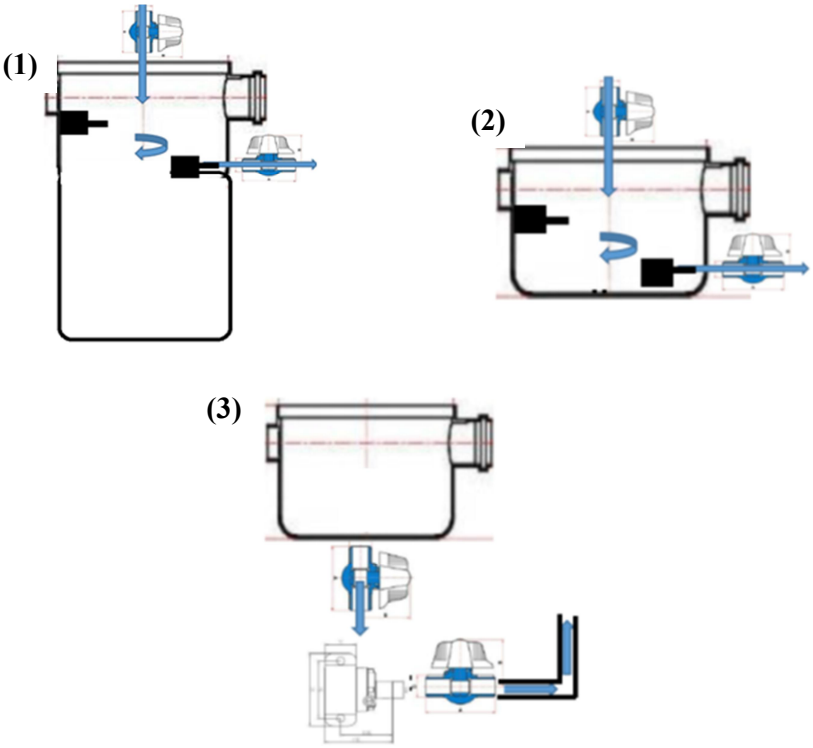
Figura 6