



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0706720-8 B1

(22) Data do Depósito: 24/01/2007

(45) Data de Concessão: 12/12/2017



(54) Título: MÉTODO DE TRATAMENTO DE ÁGUA RESÍDUAL

(51) Int.Cl.: C02F 3/12; C02F 3/08; C02F 3/34

(30) Prioridade Unionista: 14/09/2006 JP 2006-249744, 25/01/2006 JP 2006-016426

(73) Titular(es): KURARAY CO., LTD.

(72) Inventor(es): YASUHIRO BABA; HIROAKI FUJII; HIDEHIRO OKABE; GORO KOBAYASHI;
TSUTOMU MIURA

“MÉTODO DE TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUAL”

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Campo da Invenção

[001] A presente invenção diz respeito a um método de tratamento de água residual que baseia-se em uma tecnologia de tratamento de água residual de alto nível, no qual é usado um carreador imobilizado.

Descrição da Tecnologia Anterior

[002] Até então, o método de tratamento de água residual baseado no processo de lodo ativado tem sido principalmente usado. De acordo com o método de tratamento de água residual baseado no processo de lodo ativado, o sistema de tratamento de água residual pode ser operado estavelmente em uma condição em que a carga volumétrica de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) fica na faixa de cerca de 0,3 a 0,8 kg/cm³ por dia, quando a água residual entra em contato com um lodo ativado em condições aeróbicas dentro de um tanque de aeração e em seguida sedimenta-se em um tanque de sedimentação, enquanto a lama está na parte que retorna para o tanque de aeração e é em parte removida como excesso de lama. (Ver, por exemplo, o documento não patente 1 a seguir). Por outro lado, um veículo capaz de reter microorganismos em uma alta densidade foi recentemente desenvolvido e, usando o veículo, a alta carga volumétrica de DBO de 2 a 5 kg/m³ por dia pode ser imposta, o bastante para permitir que o tanque de aeração tenha seu tamanho reduzido. (Ver, por exemplo, o documento não patente 2 a seguir).

Documento não patente 1:

[003] 5-tei, Kougai-bousi no Gijitsu de Houki (Suishitsu-hen) (5th ver. Pollution Control and Regulations) editado pela Kougai-boushi Gijutsu de Kouki-hennshu lin-ka e publicado pela Sangyo Kankyo Kannri Kyokai, 7^a-ed, 12 de junho de 2001, pp 197.

[004] Documento não patente 2: Kankyo-hoze – Haikibutsu-shori: Sougougijutsu Gaido (Environment Conservation – Waste Disposal: Guide to

All Technologies), Kogyo Chousa-kai, 12 de fevereiro de 2004, pp 70.

[005] Documento de patente 1 – Publicação da patente em aberto JP 2001-205290, publicado em 31 de julho de 2001.

[006] Documento de patente 2 – Publicação da patente em aberto 2001-347284, publicado em 18 de dezembro de 2001.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

(Problemas a ser Solucionados pela Invenção)

[007] Com o processo de lodo ativado convencional, o sistema tem que ser operado com a carga volumétrica de DBO de cerca de 0,3 a 0,8 kg/cm³ por dia, exigindo o uso de um grande tanque de aeração. Na operação do sistema de acordo com o processo de lodo ativado a uma alta carga volumétrica de DBO, não somente o tratamento é insuficiente, mas a capacidade de sedimentação diminui, acompanhada pela dificuldade de separação da lama no tanque de sedimentação no estágio subsequente a ponto de resultar em dificuldade de operação do sistema estavelmente. Também, com o processo de lodo ativado convencional, cerca de 50% da DBO removido transforma em lama, e um assim chamado excesso de lama tem que ser finalmente disposto de uma maneira tal a ser reciclado em aterros sanitários, ou incinerados, depois de ter sido retirado do sistema e subsequentemente desidratado. Teoricamente é possível configurar um sistema que não gera excesso de lama, estabelecendo-se uma condição totalmente oxidada, na qual a taxa de crescimento da lama e a taxa de auto-oxidação da lama são contrabalançadas uma com a outra, em vez de remover a lama. Entretanto, o estabelecimento da condição totalmente oxidada no tanque de lodo ativado resulta em um aumento considerável de MLSS (Sólidos Suspensos no Licor Líquido, tradução livre de *Mixed Liquor Suspended Solids*) no tanque de aeração, dando origem a um problema, em que tem que ser provido um tanque de lodo ativado consideravelmente grande. Em tal caso, existe um outro problema, em que a lama seria tão fina a

ponto de dificultar a sua separação por sedimentação espontânea.

[008] Em vista da incapacidade de qualquer água tratada ser drenada e de ocorrer a precipitação da lama, é sugerido o sistema para melhorar a capacidade de sedimentação da lama, em que uma carga é aplicada no lodo ativado de forma que a carga de lama DBO no tanque de lodo ativado possa cair na faixa de 0,08 a 0,2 kg-DBO/kg-ss por dia. Entretanto, este método, no qual a carga é aplicada, foi considerado difícil na redução da quantidade de lama em excesso retirada. (Ver, por exemplo, os documentos de patente 1 e 2 anteriores).

[009] A presente invenção foi concebida para atenuar os problemas e inconvenientes expostos, e é para prover um método de tratamento de água residual barato, no qual os tanques podem ter seus tamanhos reduzidos e a remoção do excesso de lama pode ser minimizada.

Meios para Solucionar o Problema

[0010] A fim de atingir o objetivo exposto, o método de tratamento de água da presente invenção faz uso de um tanque de aeração no qual água residual entra em contato com um veículo particulado sob condições aeróbicas, um tanque de oxidação total no qual o volume de uma lama desenvolvida no tanque de aeração é reduzido, e um equipamento de separação sólido-líquido para lama no tanque de oxidação total, e inclui etapas de ajustar o coeficiente de auto-oxidação da lama que escoar para o tanque de oxidação total em 0,05 (por dia) ou mais e adicionar um coagulante no tanque de oxidação total para melhorar a separabilidade sólido-líquido da lama no tanque de oxidação total.

[0011] Quando a água residual é aerada a uma baixa carga de lama no tanque de oxidação total, a taxa de crescimento da lama e a taxa de auto-oxidação da lama podem ser contrabalançadas uma com a outra, para evitar assim o aumento da lama. Entretanto, uma vez que o tanque de aeração terá uma maior capacidade quando se emprega lodo ativado no tanque de aeração

e, também, uma vez que o coeficiente de auto-oxidação da lama que escoar para o tanque de oxidação total é extremamente pequeno, o tanque de oxidação total tem que ter uma capacidade que é de duas a seis vezes maior que a exigida quando o veículo é empregado no tanque de aeração, particularmente onde é feita uma tentativa de contrabalançar a taxa de crescimento da lama e a taxa de auto-oxidação uma com a outra. O motivo para o coeficiente de auto-oxidação do lodo ativado ser baixo parece ser que, *inter alia*, o lodo ativado contém protozoários com um menor coeficiente de auto-oxidação do que de bactérias, e que um material pegajoso derivado para coagular bactéria é composto de um polímero que tem um baixo coeficiente de auto-oxidação. Embora, quando se emprega o veículo em um tanque de aeração como esse, o tanque de aeração e o tanque de oxidação total possam ter os tamanhos reduzidos, existe uma tendência de ocorrer um problema em que há uma dificuldade na separação da lama no tanque de sedimentação ou no aparelho de filtração de membrana, em virtude de a lama desenvolvida no tanque de aeração conter uma pequena quantidade de protozoários e material pegajoso, de forma que eles ficam dispersos sem se sedimentar espontaneamente. Embora no tratamento de água residual a adição de coagulante para melhorar a própria separabilidade sólido-líquido seja bem conhecida, os inventores da presente invenção observaram que a adição de uma quantidade predeterminada de coagulante durante a prática do tratamento de água residual em uma condição específica pode levar não somente à redução do tamanho do equipamento e melhoria da separabilidade sólido-líquido, mas também a uma considerável redução na quantidade de lama retirada simultaneamente com ela, e a presente invenção é baseada nesta observação. Surpreendentemente, pretende-se que a presente invenção, comparada como a técnica convencional de adição de coagulante até hoje conhecida na tecnologia, seja efetiva para atingir o objetivo visado com uma quantidade extremamente pequena de coagulante adicionado.

[0012] De acordo com a presente invenção, os tanques a ter o tamanho reduzido e, também, a quantidade de excesso de lama extraída podem ser muito pequenos, permitindo que a água residual seja tratada a um baixo custo.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

[0013] De qualquer maneira, a presente invenção ficará mais claramente entendida a partir da descrição seguinte de suas modalidades preferidas, quando consideradas em conjunto com os desenhos anexos. Entretanto, as modalidades e os desenhos são dados somente com propósitos de ilustração e explicação, e não devem ser considerados de maneira nenhuma como limitação do escopo da presente invenção, cujo escopo deve ser determinado pelas reivindicações anexas. Nos desenhos anexos, números de referência iguais são usados para denotar partes iguais em todas as diversas vistas, e:

A figura 1 é um diagrama que mostra esquematicamente o fluxo para remoção de DBO empregado em qualquer um dos exemplos 1 e 4 a 6 e Exemplos Comparativos 1, 2 e 5 a 7;

A figura 2 ilustra um exemplo da colocação de uma membrana de separação quando um equipamento de separação sólido-líquido para uma lama dentro de um tanque de oxidação total é empregado na forma da membrana de separação;

A figura 3 ilustra um exemplo da colocação da membrana de separação quando o equipamento de separação sólido-líquido para a lama no tanque de oxidação total é empregado na forma da membrana de separação;

A figura 4 é um diagrama que mostra esquematicamente o fluxo para remoção de DBO empregado em qualquer um do exemplo 2 e Exemplo Comparativo 3 quando o equipamento de separação sólido-líquido para lama no tanque de oxidação total é empregado na forma da membrana de separação; e

A figura 5 é um diagrama que mostra esquematicamente o fluxo para remoção de DBO e um componente nitrogênio em qualquer um do exemplo 3 e do Exemplo Comparativo 4.

DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES PREFERIDAS

[0014] Componentes essenciais da presente invenção são (1) um tanque de aeração, (2) um coeficiente de auto-oxidação, (3) um tanque de oxidação total, (4) um coagulante e (5) um equipamento de separação sólido-líquido, que serão descritos individualmente com detalhes.

(1) Tanque de aeração

[0015] O tanque de aeração empregado na prática da presente invenção é necessário para conduzir um tratamento de aeração de forma que uma lama que escoar do tanque de aeração para o tanque de oxidação total tenha um coeficiente de auto-oxidação que é 0,05 (por dia) ou mais. Embora métodos necessários para garantir água descarregada de um tipo, em que o coeficiente de auto-oxidação da lama supra-referida exige pelo menos uma adição de um veículo no tanque de aeração da presente invenção.

[0016] No caso em que não é adicionado veículo ao tanque de aeração, a capacidade do tanque de aeração tem que significativamente maior, tal como descrito a seguir, em virtude de o tanque de aeração ser operado de acordo com o processo de lodo ativado. Também, uma vez que o lodo ativado tem um coeficiente de auto-oxidação que é menor que no caso em que o veículo é empregado no tanque de aeração, é necessário aumentar a capacidade do tanque de oxidação total. Embora a maneira de uso do veículo no tanque de aeração possa ser tanto um leito fluidizado quanto um leito fixo, o leito fluidizado é preferido em termos de eficiência de processo. O veículo a ser adicionado no tanque de aeração pode ser de qualquer tipo bem conhecido na tecnologia, e um veículo selecionado do grupo que consiste em um veículo gel, um veículo plástico e um veículo fibroso, ou uma combinação de dois, ou mais deles, é preferivelmente empregado. Em particular, um veículo gel de

álcool polivinílico acetalizado é preferido, em virtude de um alto desempenho de processamento e fluidez. O fator de preenchimento do veículo é, no caso do leito fluidizado, preferivelmente na faixa de 5 a 50% e, mais preferivelmente na faixa de 10 a 30% em relação à capacidade do tanque em termos de eficiência de processo e fluidez.

(2) Coeficiente de Auto-Oxidação

[0017] O coeficiente de auto-oxidação é um coeficiente que é usado no cálculo da quantidade de lama produzida e é uma proporção da lama reduzida pela auto-oxidação resultante do canibalismo da lama por dia em relação à quantidade total de lama no tanque de oxidação total. No caso do lodo ativado, o coeficiente de auto-oxidação é em geral cerca de 0,02 (por dia), embora ele possa variar, dependendo, por exemplo, da condição operacional. No caso em que o veículo é empregado no tanque de aeração, a lama tende ser reduzida, comparada com o lodo ativado, que tem geralmente um coeficiente de auto-oxidação na faixa de 0,05 a 0,1 (por dia).

[0018] O coeficiente de auto-oxidação é determinado injetando-se um lodo ativado, ou uma lama, com uma concentração de lama predetermina no tanque de aeração no qual o veículo é usado, em um cilindro graduado com 1 L de capacidade, medindo-se a concentração de lama cada vez que for decorrido um tempo predeterminado em uma condição aeróbica, e dividindo-se a quantidade de lama reduzida no tempo decorrido pela quantidade inicial de lama.

[0019] O coeficiente de auto-oxidação da lama contida em uma água descarregada do tanque de aeração varia, dependendo da propriedade da água assim descarregada, da carga volumétrica de DBO do tanque de aeração, do tipo e propriedade do veículo usado, temperatura, pH e assim por diante. No que diz respeito ao tipo e propriedade do veículo, observou-se que ele tende variar consideravelmente, dependendo do tamanho de poro dos poros presentes na superfície do veículo. Com relação ao tamanho de poro dos

poros presentes na superfície do veículo, o tamanho de poro é definido como d μm ou menos, quando a área de poros de um tamanho de poro específico (d μm) ou menos, medida por observação em microscópio eletrônico, ocupa 70% ou mais da área superficial total dos poros. A água a ser descarregada, que tem um coeficiente de auto-oxidação definido na presente invenção, pode ser determinada por avaliação usando veículos com respectivos tamanhos de poro não superiores a 10 μm , não superiores a 20 μm , não superiores a 50 μm e não superiores a 10 μm durante experimentos pilotos conduzidos em uma carga volumétrica de DBO específica. Na prática da presente invenção, o uso do veículo com um tamanho de poro não superior a 50 μm e, mais preferivelmente, não superior a 20 μm é preferido. O motivo disto não é claro, mas parece que está realizado de perto com a habitação de micróbios que aderem no veículo.

[0020] Com relação à carga volumétrica de DBO (geralmente expressa por carga volumétrica s-DBO) do tanque de aeração, observou-se que, no caso em que é empregado um veículo adequado, existe uma tendência de o coeficiente de auto-oxidação aumentar com o aumento da carga volumétrica da DBO. No que diz respeito à carga volumétrica da DBO, é preferível, em termos de estabilidade do tanque, que o tanque seja operado com a carga volumétrica da DBO de 2 a 3 (kg/m^3 por dia). Em decorrência dos experimentos pilotos conduzidos na condição supradescrita, é preferível que, no caso em que o coeficiente de auto-oxidação não cai na faixa especificada pela presente invenção, o tanque seja essencialmente operado nas condições de 3 a 4, 4 a 5 ou superior a 5 (kg/m^3 por dia).

[0021] Com relação à temperatura, a temperatura na faixa de 3 a 40°C, preferivelmente 10 a 35°C e mais preferivelmente 20 a 30°C é empregada em termos de reatividade biológica. Também, com relação ao valor de pH, em termos de reatividade biológica, o valor de pH na faixa de 3 a 9, preferivelmente 4 a 8, mais preferivelmente 6 a 8 e acima de tudo

preferivelmente 6 a 7 pode ser convenientemente empregado.

[0022] Métodos usados para aumentar o coeficiente de auto-oxidação da lama contida na água descarregada do tanque de aeração a um valor igual ou maior que 0,05 (por dia) são afetados pela propriedade da água residual a ser tratada e, portanto, uma condição adequada na qual um dado tratamento de água residual é realizado varia. Dessa maneira, experimentos pilotos têm que ser realizados para que a carga volumétrica da DBO do tanque de aeração, o tipo do veículo a ser usado, o tamanho de poro dos poros presentes particularmente na superfície do veículo, temperatura e valor de pH sejam ajustados, dependendo da propriedade da água residual a ser tratada.

(3) Tanque de Oxidação Total

[0023] A concentração da lama no tanque de oxidação total varia de acordo com o modo de separação sólido líquido que ocorre no estágio subsequente. No caso de a separação sólido-líquido ocorrer no tanque de sedimentação, a concentração da lama no tanque de oxidação total, embora não especificamente limitada a estes valores, é preferivelmente na faixa de 3.000 a 6.000 mg/l e mais preferivelmente acima de 6.000 mg/l. Por outro lado, no caso de a separação sólido-líquido ocorrer por meio de um sistema de filtração, tais como, por exemplo, uma filtração por membrana ou uma filtração em areia, a concentração da lama no tanque de oxidação total é preferivelmente na faixa de 6.000 a 10.000 mg/l e mais preferivelmente superior a 10.000 mg/l a fim de reduzir a capacidade do tanque de oxidação total. Na prática da presente invenção, no tanque de oxidação total, a taxa de crescimento da lama e a taxa de auto-oxidação da lama são contrabalançadas uma com a outra, permitindo que lama seja aerada sob uma baixa carga de lama para impedir assim a proliferação da lama e, conseqüentemente, pode-se conseguir o tratamento de água residual com mínima extração do excesso de lama. Deve-se notar que a condição na qual a extração do excesso de lama é minimizada significa a condição na qual o MLSS no tanque de oxidação total

é substancialmente constante, a interface superior da lama no tanque de sedimentação na qual a água a ser descarregada é suprida do tanque de oxidação total, não sobe substancialmente, e a extração da lama não precisa ter continuidade por mais de um dia. A título de exemplo, se a quantidade da lama que aumenta por dia for menos que 1% da quantidade total da lama no tanque de oxidação total, pode-se dizer que a extração do excesso de lama é mínima.

(4) Coagulante:

[0024] O coagulante empregado na prática da presente invenção é para melhorar a sedimentação da lama produzida no tanque de aeração e também aumentar a concentração de lama no tanque de oxidação total. A adição do coagulante é realizada de duas maneiras, nas quais um tanque de reação de coagulante é provido em um estágio entre o tanque de aeração e o tanque de oxidação total, ou entre o tanque de oxidação total e o equipamento de separação sólido-líquido, de forma que o coagulante seja adicionado diretamente no tanque de reação de coagulante, ou que o coagulante seja adicionado diretamente no tanque de oxidação total. A quantidade de coagulante a ser adicionada é preferivelmente de um valor o suficiente para permitir que o SVI da lama no tanque de oxidação total atinja não mais que 200 ml/g.

(5) Equipamento de Separação Sólido-Líquido

[0025] O equipamento de separação sólido-líquido empregado na prática da presente invenção pode ser um tanque de sedimentação ou um equipamento de filtração, tais como, por exemplo, um filtro de membrana, um filtro de areia, um filtro fibroso, todos os quais podem ser de um tipo bem conhecido na tecnologia. No caso de ser usado o tanque de sedimentação como o equipamento de separação sólido-líquido, a condição operacional, incluindo, por exemplo, carregamento superficial e tempo de retenção, pode ser idêntica à empregada na prática do processo de lodo ativado convencional.

[0026] Um exemplo do fluxo do tratamento de água residual de acordo com a presente invenção está mostrado na figura 1, que é para a remoção de DBO. Neste sistema, a fim de tornar o tanque de aeração 1 o mais compacto possível, a carga volumétrica da DBO solúvel no tanque de aeração 1 é preferivelmente igual ou mais que 1 kg/m^3 por dia. O termo "DBO solúvel" supra-referido é representado pela DBO obtida medindo-se um filtrado depois da filtração com um filtro de membrana com um tamanho de poro de $0,45 \text{ }\mu\text{m}$, e significa DBO com micróbios removidos. (A DBO solúvel pode ser geralmente expressa por "s-DBO" na descrição seguinte). Quanto maior a carga volumétrica da DBO, tanto mais compactadamente o tanque de aeração pode ser montado. Selecionando-se adequadamente o tipo de veículo e seu fator de preenchimento, o tanque pode ser operado a uma carga de $2 \text{ kg}/(\text{m}^3 \text{ por dia})$ ou mais, ou uma carga de $5 \text{ kg}/(\text{m}^3 \text{ por dia})$ ou mais. A produção da DBO solúvel no tanque de aeração 1 é preferivelmente igual ou maior que 90%. A carga volumétrica da DBO no tanque de oxidação total 3, no qual a lama pode ser reduzida em volume em uma condição aeróbica, é preferivelmente igual ou menor que $0,05 \text{ kg/DBO}/(\text{kg-SS (sólidos suspensos)})$ por dia).

[0027] Na presente invenção, a água residual tratada em condições aeróbicas no tanque de aeração 1 é introduzida no tanque de oxidação total 3 e coagulante é então adicionado a tal tanque de oxidação total 3, em que qualquer coagulante que pode ser empregado no tratamento de água padrão pode ser empregado. A título de exemplo, para um coagulante inorgânico que pode ser empregado na prática da presente invenção, sulfato de alumínio, cloreto de polialumínio (PAC), sulfato ferroso, sulfato férrico, cloreto férrico, cobre clorado, aluminato de sódio, aluminato de amônio, aluminato de potássio, hidróxido de cálcio, óxido de cálcio, cinza de soda, carbonato de sódio, óxido de magnésio, e um polímero de ferro-sílica podem ser enumerados.

[0028] Para um coagulante orgânico (polímero) que pode ser empregado na prática da presente invenção, poliacrilamida, alginato de sódio, sal de sódio de carboximetil celulose, poliacrilato de sódio, um copolímero de ácido maleico, anilina solúvel em água, politiourea, polietilenoimina, sal de amônio quaternário, polivinil piridinas, polioxietileno e amido cáustico podem ser enumerados. O coagulante consistindo em duas ou mais dessas substâncias pode também ser empregado na prática da presente invenção.

[0029] Com relação à quantidade de coagulante a ser adicionado, nenhum efeito de coagulação será disponível no caso de sua quantidade ser pequena e, no caso de sua quantidade ser grande, o componente sólido formará uma lama em excesso, eventualmente resultando na extração de uma quantidade substancial de lama. A título de exemplo, no sistema no qual é usado o tanque de sedimentação 5, o coagulante é adicionado até que o SVI, que é um índice de sedimentação da lama, atinja um valor igual ou menor que 200 ml/g. A adição do coagulante pode ser feita de acordo tanto com um método de adição intermitente, no qual a adição do coagulante continua até que a sedimentação da lama possa ser melhorada, seguido pela redução da adição até que a sedimentação da lama fique mais fraca, quanto um método de adição contínua, no qual uma pequena quantidade de coagulante é constantemente adicionada.

[0030] Assim, alguns coagulantes exigem que um valor de pH específico e uma faixa de temperatura sejam observados para coagulação, e podem produzir uma mudança no valor de pH quando adicionados. Dessa maneira, é preferível realizar um controle de qualidade da água para ajustar o valor de pH para coagulação, da maneira exigida.

[0031] Quando micróbios podem sofrer auto-oxidação no tanque de oxidação total 3, nitrogênio nitrato e/ou nitrogênio nítrito derivados de micróbio são gerados e são então carregados por um esgoto tratado do tanque de sedimentação 5. A fim de reduzir a quantidade de nitrogênio nitrato e/ou

nitrogênio nítrico, onde o tratamento de água residual no tanque de aeração 1 tem o propósito de remoção da DBO, um tanque de desnitrificação e um tanque de nitrificação podem ser empregados na etapa anterior ou subsequente ao tanque de oxidação total 3, e o esgoto tratado que emerge do tanque de nitrificação ou do tanque de oxidação total 3 pode ser retornado para o tanque de desnitrificação. Também, no caso em que o tratamento de água residual no tanque de aeração 1 tem o propósito de remoção de nitrogênio, o esgoto tratado pode ser retornado para o tanque de desnitrificação. O fluxo para remoção de nitrogênio não está especificamente limitado na prática da presente invenção e qualquer método pode ser empregado, tais como, por exemplo, o método de Wuhmann, no qual o tanque de nitrificação e o tanque de desnitrificação são arranjados seqüencialmente nesta ordem, e o método de Barnard, no qual, enquanto o tanque de desnitrificação e o tanque de nitrificação ficam arranjados seqüencialmente nesta ordem, o esgoto é retornado do tanque de nitrificação para o tanque de desnitrificação, e uma matéria orgânica, tal como metanol ou similar, é adicionada como uma fonte de nutrição para bactérias desnitrificantes. Uma combinação desses métodos pode também ser empregada. A título de exemplo, a lama pode ser posta em contato com bactérias nitrificantes no tanque de nitrificação em uma condição aeróbica com a carga da lama de DBO sendo igual ou menor que 0,08 kg/DBO/kg-MLSS por dia, e a etapa de nitrificação na qual a lama pode sofrer auto-oxidação e a etapa de oxidação total são realizadas exatamente no mesmo tanque.

[0032] A membrana de separação que pode ser empregada na prática da presente invenção pode não ser sempre limitada a uma forma específica, mas pode ter qualquer forma adequada selecionada de uma membrana de fibra oca, uma membrana tubular e uma membrana chata, e, no caso em que se emprega uma membrana de fibra oca, pode-se obter uma área de membrana relativamente grande por capacidade unitária da membrana, e um

dispositivo de filtração pode ter seu tamanho reduzido.

[0033] Também, a membrana de separação que pode ser empregada na prática da presente invenção não é sempre limitada à feita de um material específico, mas a membrana feita, por exemplo, de material polimérico orgânico, tais como, por exemplo, poliolefina, polissulfona, polietersulfona, copolímero de álcool etileno vinílico, poliacrilonitrila, acetato de celulose, fluoreto de polivinilideno, poliperfluoretileno, metacrilato de poliéster, poliéster ou poliamida, ou a membrana feita de um material inorgânico, tal como cerâmica, pode ser convenientemente empregado em consideração, por exemplo, à condição de uso e ao desempenho de filtração desejado. Especificamente, a membrana feita de um material hidrofílico tais como resina de polissulfona hidrofilizada com uma resina de álcool polivinílico, uma resina de polissulfona adicionada com um polímero hidrofílico, uma resina de álcool polivinílico, uma resina de poliacrilonitrila, uma resina de acetato de celulose, uma resina de polietileno que foi hidrofilizada é preferivelmente empregada, uma vez que, por causa da propriedade de alta hidrofilicidade suficiente para minimizar a aderência de componentes SS e para melhorar a separação de componentes SS aderidos, mas a membrana de fibra oca feita de qualquer outro material pode também ser empregada. No caso em que é usado material de polímero orgânico, ele pode ser um copolímero de uma pluralidade de polímeros, ou um material misturado consistindo em uma pluralidade de materiais pode ser empregado.

[0034] No caso em que é usado o material de polímero como um material para a membrana de separação, um método de fabricação não é especificamente limitado a um método particular, mas um método convenientemente selecionado de qualquer dos métodos pode ser empregado em consideração às características do material e à forma e desempenho desejados da membrana de separação a ser usadas.

[0035] O tamanho de poro da membrana de separação que pode ser

empregado na prática da presente invenção é preferivelmente não superior a 5 μm em consideração ao desempenho de separação entre a lama e água. O tamanho de poro da membrana de separação na faixa de 0,1 a 3 μm é mais preferível. O tamanho de poro referido anteriormente e a seguir é definido como um tamanho de partícula de um material de referência particular, em cujo tamanho de partícula 90% das partículas do material de referência são eliminados por filtração da membrana de separação. O material de referência tem um tamanho de partícula conhecido e pode ser selecionado de vários materiais, tais como, por exemplo, sílica coloidal, emulsão ou látex. O tamanho de poro é preferivelmente uniforme na membrana de separação. No caso de uma membrana de filtração ultrafina, embora o tamanho de poro não possa ser determinado com base no tamanho de partícula do material de referência de um tipo supradiscutido, mas, quando medido similarmente usando proteína com um peso molecular conhecido, a membrana de ultrafiltração com um corte de peso molecular superior a 3.000 pode ser preferivelmente empregada.

[0036] Na prática da presente invenção, a meio de suporte é empregado em uma forma modularizada para filtração. Dependendo da forma da membrana de filtração, do método de filtração, da condição de filtração e do método de limpeza da membrana, qualquer modo de modularização pode ser convenientemente selecionado, e um módulo de membrana de filtro oca pode ser constituído, montando-se um ou uma pluralidade de elementos de membrana. Por exemplo, para um módulo de membrana que utiliza as membranas de fibra ocas, um módulo de membrana com diversas dezenas a alguns milhares de centenas de membranas de fibra oca que são agrupadas são dobradas para representar uma configuração com forma geral de U e em seguida acomodadas em um módulo, um módulo de membrana no qual uma extremidade do feixe das fibras ocas é selado por um elemento de vedação adequado, um módulo de membrana no qual um feixe de filamentos fibrosos

ocos é respectivamente selado em uma extremidade por elementos de vedação adequados em um estado sem conexão em uma extremidade (em um estado livre) e um módulo de membrana no qual extremidades opostas do feixe de filamentos fibrosos ocos são deixadas abertas, podem ser empregados. Também, a presente invenção não deve ser limitada a uma forma específica, e o módulo de membrana pode representar, por exemplo, uma forma cilíndrica ou uma forma tipo tela.

[0037] Embora o desempenho de filtração tenda ser reduzido à medida que a membrana de separação fica entupida, a membrana de separação pode ser regenerada quando limpa física ou quimicamente. A condição de geração pode ser devidamente selecionada dependendo do material que forma o módulo da membrana de separação, da sua forma e/ou do tamanho de poro da membrana de separação usados. O método de limpeza física do módulo de membrana de fibra oca pode incluir, por exemplo, retrolavagem do filtro de membrana com água, retrolavagem com gás, descarga, ou borbulhamento com ar, ao passo que o método de limpeza química pode incluir um método no qual o filtro de separação é lavado com ácido tais como ácido clorídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido oxálico ou ácido cítrico, limpeza com material alcalino tal como hidrato de sódio, limpeza com um agente oxidante tais como cloridrato de sódio ou peróxido de hidrogênio, ou pode-se empregar uma limpeza com um agente quelante tal como ácido etileno diamina tetracético.

[0038] Exemplos de colocação da membrana de separação e construção do aparelho de filtração de membrana, que podem ser empregados na prática da presente invenção, estão mostrados nas figuras 2 a 4. O sistema de filtração pode ser empregado na forma de um sistema no qual, conforme mostrado na figura 2, o módulo de membrana (dispositivo de filtração de membrana) 7 ou similares, incluindo a membrana de separação, fica disposto fora do tanque de oxidação total 3, e uma água bruta contendo uma lama é

suprida ao módulo de membrana 7 ou similares para filtração total, um sistema no qual, conforme mostrado na figura 3, o módulo de membrana 7 ou similares, incluindo a membrana de separação, fica disposto fora do tanque de oxidação total 3, e uma água bruta contendo uma lama é circulada de forma que uma porção da água bruta possa ser filtrada, e um sistema no qual, conforme mostrado na figura 4, o módulo de membrana 7 ou similares, incluindo a membrana de separação, é submerso no tanque de oxidação total 3, e uma água bruta contendo uma lama é succionada através dele para filtração. Também, dependendo da colocação do tanque de oxidação total 3 e do módulo de membrana 7, pode-se empregar a diferença da coluna de água no lugar de uma bomba de pressão ou uma bomba de sucção. Deve-se notar que o sistema mostrado na figura 3 tem vantagens tais como que o sistema pode ser operado a um alto fluxo de permeação e a membrana de separação pode ter uma pequena área superficial, mas tem uma desvantagem tal como que uma grande energia é necessária para circular a água bruta contendo a lama. Por outro lado, o sistema mostrado na figura 4 tem vantagens tais como que o espaço para instalação pode ser pequeno e a energia pode ser pequena, mas tem uma desvantagem tal como que o fluxo de permeação é em geral baixo o bastante para exigir uma grande área superficial de membrana. Também, no caso em que é empregado um sistema no qual a membrana de separação é imersa no tanque de oxidação total 3 e a filtração é realizada pela utilização de uma sucção, ou por uma diferença de coluna de água, mostrado na figura 4, o módulo de membrana 7 ou similares, incluindo a membrana de separação, é colocado por cima de um dispositivo de difusão de ar para que o entupimento da membrana possa ser suprimido pela utilização de um efeito de limpeza da superfície da membrana com ar difuso. Um equipamento de tratamento de água residual pode ser instalado novo com o propósito da presente invenção, mas qualquer equipamento de tratamento de água residual existente pode ser renovado.

[0039] Por causa da presente invenção, a operação com uma quantidade mínima de excesso de lama gerada tem que ter continuidade com um equipamento compacto.

[0040] A seguir, a presente invenção será demonstrada por meio de alguns exemplos. Deve-se notar que os parâmetros físicos seguintes referidos nos exemplos seguintes e exemplos comparativos são medidos de acordo com métodos de avaliação específicos neles referidos.

(Razão de Remoção de DBO)

[0041] Tendo medido a DBO da água bruta suprida em um tanque de teste e uma DBO solúvel de água drenada, a razão de remoção de DBO foi calculada usando a seguinte equação:

$$\text{razão de remoção de DBO} = \{(\text{DBO da Água Bruta}) - (\text{DBO solúvel de Água descarregada}) / (\text{DBO da Água Bruta}) \times 100$$

(SS)

[0042] Depois que o volume da água descarregada foi medido, a água residual foi filtrada em um filtro de 0,45 µm e em seguida seco. O peso do filtro antes do tratamento foi subtraído do peso do filtro seco para fornecer o peso de um componente sólido, e foi então dividido pelo volume da água descarregada, para conversão na concentração.

(Razão de Transformação de Lama)

[0043] A razão de transformação de lama é calculada a partir da quantidade de DBO tratada no tanque de teste, e a quantidade de SS gerada no tanque de teste.

$$\text{Razão de transformação de lama (\%)} = (\text{Quantidade de SS}) / (\text{Quantidade de DBO Removido}) \times 100 \text{ (Quantidade de Extração de Lama)}$$

[0044] O peso seco da quantidade de lama extraída é descrito.

Exemplo 1:

(Exemplo Preparatório)

[0045] 100 ml de um veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 20 μm foram supridos a um tanque de teste de 1.000 ml de capacidade, e água residual química A foi suprida ao tanque de teste em uma quantidade tal que a carga volumétrica da DBO de 3,5 $\text{kg}/(\text{m}^3 \text{ por dia})$ pudesse ser estabelecida. A partir da concentração de SS na água residual medida no momento em que a razão de remoção de DBO no tanque de teste atingiu 95% ou mais, obteve-se a razão de transformação de lama de 10%. Em seguida, o SS foi cheio em um cilindro graduado com 1 L de capacidade e o coeficiente de auto-oxidação foi subsequentelemente determinado com referência a uma mudança dependente do tempo da concentração da lama em uma condição aeróbica. O coeficiente de auto-oxidação assim medido foi determinado em 0,082 (por dia).

(Experimento de Verificação)

[0046] De acordo com o fluxograma mostrado na figura 1 e com base na razão de transformação e no coeficiente de auto-oxidação, ambos determinados de acordo com o experimento preparatório supra-referido, um experimento para tratar a água residual química A de 400 m^3 por dia foi conduzido com o uso de um equipamento de tratamento de água residual, incluindo um tanque de aeração 1 com uma capacidade de 230 m^3 , o tanque de oxidação total 3 com uma capacidade de 100 m^3 e o tanque de sedimentação 5 com uma capacidade de 50 m^3 . O veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 20 μm foi carregado em uma quantidade de 23 m^3 no tanque de aeração 1. O alumínio policlorado (um coagulante inorgânico) foi adicionado ao tanque de oxidação total 3 até um ponto em que a separabilidade sólido-líquido da lama no tanque de sedimentação 5 fosse melhorada. Quando o sistema operou a 3,5 $\text{g}/(\text{m}^3 \text{ por dia})$ da carga volumétrica da DBO no tanque de aeração 1, o MLSS no tanque de oxidação total 3 aumentou gradualmente, e em seguida atingiu um valor substancialmente constante de cerca de 10.000 mg/l . A razão de

transformação de lama no tanque de aeração 1 foi determinada em 10%. Também, o coeficiente de auto-oxidação, derivado da quantidade de lama que escoou para o tanque de oxidação total 3 e da quantidade de lama reduzida no tanque de oxidação total 3 no momento do MLSS no tanque de oxidação total 3, foi determinado em 0,080, que é substancialmente idêntico ao resultado do experimento preparatório. O coagulante foi suprido continuamente no tanque de oxidação total 3 por cerca de um mês subsequente ao início da operação. Depois disso, o sistema foi operado por dez meses na condição em que o coagulante é adicionado quando a água tratada SS atingiu subsequenteamente 10 mg/l ou mais. Durante o período do experimento, não foi necessário adicionar mais coagulante depois do primeiro mês. Também, o sistema pôde ser operado sem extração de lama durante o período do experimento, e a água tratada foi considerada com uma qualidade aceitável de DBO = 5 mg/l ou menos e SS = 10 mg/l ou menos.

Exemplo comparativo 1:

(Experimento Preparatório)

[0047] 100 ml de um veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 20 μm foram supridos a um tanque de teste de 1.000 ml de capacidade, e água residual química A foi suprida ao tanque de teste em uma quantidade tal que a carga volumétrica da DBO de 2,5 kg/(m³ por dia) pudesse ser estabelecida. A partir da concentração de SS na água residual medida no momento em que a razão de remoção de DBO no tanque de teste atingiu 95% ou mais, obteve-se a razão de transformação de lama de 10%. Em seguida, o SS foi cheio em um cilindro graduado de 1 L de capacidade e o coeficiente de auto-oxidação foi subsequenteamente determinado com referência a uma mudança dependente do tempo da concentração de lama em uma condição aeróbica. O coeficiente de auto-oxidação assim medido foi determinado em 0,034 (por dia).

(Experimento de Verificação)

[0048] De acordo com o fluxograma mostrado na figura 1 e com base na razão de transformação de lama e no coeficiente de auto-oxidação, ambos determinados de acordo com o experimento preparatório supra-referido, um experimento para tratar a água residual química A de 400 m³ por dia foi conduzido com o uso de um equipamento de tratamento de água residual, incluindo o tanque de aeração 1 com uma capacidade de 320 m³, o tanque de oxidação total 3 com uma capacidade de 100 m³ e o tanque de sedimentação 5 com uma capacidade de 50 m³. O veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 20 µm foi carregado em uma quantidade de 32 m³ no tanque de aeração 1. Alumínio policlorado (um coagulante inorgânico) foi adicionado ao tanque de oxidação total 3 até o ponto em que a separabilidade sólido-líquido da lama no tanque de sedimentação 5 fosse melhorada. Quando o sistema operou a 2,5 g/(m³ por dia) da carga volumétrica da DBO no tanque de aeração 1, a razão de transformação de lama no tanque de aeração 1 foi determinada em 10%. O MLSS no tanque de oxidação total 3 aumentou gradualmente e atingiu um valor substancialmente constante de cerca de 10.000 mg/l, mas a interface da lama no tanque de sedimentação 5 aumentou dia a dia, e foi necessária extração da lama em uma quantidade de cerca de 47 kg por dia. O coeficiente de auto-oxidação, derivado da quantidade de lama gerada no tanque de oxidação total 3 e da quantidade de lama extraída, foi determinado em 0,033 (por dia).

Exemplo comparativo 2:

(Experimento de Verificação)

[0049] De acordo com o fluxograma mostrado na figura 1, e com base na razão de transformação de lama e no coeficiente de auto-oxidação, ambos determinados de acordo com o experimento preparatório do Exemplo Comparativo 1 supra-referido, um experimento para tratar a água residual química A de 400 m³ por dia foi conduzido com o uso de um equipamento de

tratamento de água residual, incluindo o tanque de aeração 1 com uma capacidade de 320 m³, o tanque de oxidação total 3 com uma capacidade de 240 m³ e o tanque de sedimentação 5 com uma capacidade de 50 m³. O veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 20 µm foi carregado em uma quantidade de 32 m³ no tanque de aeração 1. Alumínio policlorado (um coagulante inorgânico) foi adicionado ao tanque de oxidação total 3 até o ponto em que a separabilidade sólido-líquido da lama no tanque de sedimentação 5 fosse melhorada. Quando o sistema operou a 2,5 g/(m³ por dia) da carga volumétrica da DBO no tanque de aeração 1, o MLSS no tanque de oxidação total 3 aumentou gradualmente e atingiu um valor substancialmente constante de cerca de 10.000 mg/l. A razão de transformação de lama no tanque de aeração 1 foi determinada em 10%. O coeficiente de auto-oxidação, derivado da quantidade da lama que escoou para o tanque de oxidação total 3 e da quantidade da lama reduzida no tanque de oxidação total 3 no momento do MLSS no tanque de oxidação total 3, foi determinado em 0,033 (por dia), que é substancialmente idêntico ao resultado do experimento preparatório. O coagulante foi suprido continuamente no tanque de oxidação total 3 por cerca de um mês subsequente ao início da operação. Depois disso, o sistema foi operado por dez meses a uma condição em que o coagulante é adicionado quando SS da água tratada atingiu subsequente 10 mg/l ou mais. Durante esse período do experimento, o coagulante não precisou ser mais adicionado depois do primeiro mês. Também, o sistema pôde ser operado sem extração de lama durante o período do experimento, e observou-se que a água tratada tem uma qualidade aceitável de DBO = 5 mg/l ou menos e SS = 10 mg/l ou menos.

[0050] Tanto no experimento 1 quando no Exemplo Comparativo 1, o tratamento foi conduzido na mesma água residual de maneira similar, exceto que foram empregados tanques de aeração de diferentes capacidades e o volume do veículo mudou com propósito de fazer com que a razão de volume

do veículo em relação ao tanque de aeração 1 empregado no exemplo 1 permanecesse o mesmo, de forma que a carga volumétrica da DBO não mudou. Em decorrência disto, com a carga volumétrica da DBO no Exemplo Comparativo 1, o coeficiente de auto-oxidação foi pequeno e, dessa maneira, foi necessária a extração da lama quando o tanque de oxidação total teve a mesma capacidade do tanque de oxidação total 3 usado no exemplo 1. A fim de eliminar a necessidade de extração de lama nesta condição, o uso do tanque de oxidação total 3 com uma capacidade o dobro ou mais da capacidade do tanque de oxidação total 3 usado no exemplo 1 é necessário e, conseqüentemente, ficou claro que, de acordo com o método de tratamento de água residual da presente invenção, a água residual pode ser tratada com o aparelho de uma menor capacidade.

Exemplo 2:

(Experimento Preparatório)

[0051] 100 ml de um veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 20 μm foram supridos a um tanque de teste de 1.000 ml de capacidade, e água residual química B foi suprida ao tanque de teste em uma quantidade tal que a carga volumétrica da DBO de 2,5 $\text{kg}/(\text{m}^3 \text{ por dia})$ pudesse ser estabelecida. A partir da concentração de SS exibida quando a razão de remoção de DBO no tanque atingiu 95% ou mais, foi obtida a razão de transformação de lama de 30%. Em seguida, o SS foi cheio em um cilindro graduado de 1 L de capacidade e o coeficiente de auto-oxidação subseqüentemente determinado com referência a uma mudança dependente do tempo da concentração de lama em uma condição aeróbica foi determinado em 0,070 (por dia).

(Experimento de Verificação)

[0052] De acordo com o fluxograma mostrado na figura 4 e com base na razão de transformação de lama e no coeficiente de auto-oxidação, ambos determinados de acordo com o experimento preparatório supra-referido, um

experimento para tratar a água residual química B de 400 m³ por dia foi conduzido com o uso de um equipamento de tratamento de água residual, incluindo o tanque de aeração 1 com uma capacidade de 320 m³, o tanque de oxidação total 3 com uma capacidade de 300 m³ e o equipamento de filtro de membrana. O veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 20 µm foi carregado em uma quantidade de 32 m³ no tanque de aeração 1. Alumínio policlorado (um coagulante inorgânico) foi adicionado ao tanque de oxidação total 3 até o ponto em que a separabilidade sólido-líquido da lama no tanque de sedimentação 5 fosse melhorada. O dispositivo de filtração de membrana foi operado de acordo com um sistema de filtração por sucção, no qual um módulo de membrana de fibra oca 7 com um tamanho de poro de 0,4 µm foi imerso no tanque de oxidação total 3 e a aeração fosse realizada para limpeza constante da membrana. Quando o sistema operou a 2,5 g/(m³ por dia) da carga volumétrica da DBO no tanque de aeração 1, o MLSS no tanque de oxidação total 3 aumentou gradualmente, e em seguida atingiu um valor substancialmente constante de cerca de 11.000 mg/l. A razão de transformação de lama no tanque de aeração 1 foi determinada em 30%. Também, o coeficiente de auto-oxidação, derivado da quantidade de lama que escoou para o tanque de oxidação total 3 e da quantidade de lama reduzida no tanque de oxidação total 3 no momento do MLSS no tanque de oxidação total 3, foi determinado em 0,073, que é substancialmente idêntico ao resultado do experimento preparatório. O coagulante foi suprido continuamente no tanque de oxidação total 3 por cerca de um mês subsequente ao início da operação e foi então operado por seis meses sem adição de coagulante. Durante esse período experimental, o coagulante não precisou ser mais adicionado depois do primeiro mês. Também, o sistema pôde ser operado sem extração de lama durante o período experimental, e observou-se que a água tratada tem uma qualidade aceitável de DBO = 5 mg/l ou menos e SS = 0 mg/l.

Exemplo Comparativo 3:

(Experimento Preparatório)

[0053] 100 ml de um veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 100 μm foram supridos a um tanque de teste de 1.000 ml de capacidade, e água residual química B foi suprida ao tanque de teste em uma quantidade tal que a carga volumétrica da DBO de 2,5 $\text{kg}/(\text{m}^3 \text{ por dia})$ pudesse ser estabilizada. A partir da concentração de SS na água residual medida no momento em que a razão de remoção de DBO no tanque que teste atingiu 95% ou mais, foi obtida a razão de transformação de lama de 30%. Em seguida, o SS foi cheio em um cilindro graduado de 1 L de capacidade e o coeficiente de auto-oxidação foi subseqüentemente determinado com referência a uma mudança dependente do tempo da concentração de lama em uma condição aeróbica. O coeficiente de auto-oxidação assim medido foi determinado em 0,025 (por dia).

(Experimento de verificação)

[0054] De acordo com o fluxograma mostrado na figura 4 e com base na razão de transformação de lama e no coeficiente de auto-oxidação, ambos determinados de acordo com o experimento preparatório supra-referido, um experimento para tratar a água residual química B de 400 m^3 por dia foi conduzido com o uso do mesmo equipamento de tratamento de água residual usado no exemplo 2. O veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 100 μm foi carregado em uma quantidade de 32 m^3 no tanque de aeração 1. Alumínio policlorado (um coagulante inorgânico) foi adicionado ao tanque de oxidação total 3 até o ponto em que a separabilidade sólido-líquido da lama no tanque de sedimentação 5 fosse melhorada. O dispositivo de filtração de membrana foi operado de acordo com um sistema de filtragem por sucção, no qual um módulo de membrana de fibra oca 7 com um tamanho de poro de 0,4 μm foi imerso no tanque de oxidação total 3 e a aeração foi realizada para limpeza constante da

membrana. Quando o sistema operou a 2,5 g/(m³ por dia) da carga volumétrica da DBO no tanque de aeração 1, a razão de transformação de lama no tanque de aeração 1 foi determinada em 30%. O MLSS no tanque de oxidação total 3 foi ajustado em cerca de 11.000 mg/l como no caso como no exemplo 2. A fim de que o sistema fosse operado sob o MLSS de 11.000 mg/l, a lama no tanque de oxidação total 3 precisou ser extraída em uma quantidade de cerca de 155 kg por dia. Quando o coeficiente de auto-oxidação é determinado a partir da quantidade de lama gerada no tanque de oxidação total 3 e a quantidade de lama extraída, o coeficiente de auto-oxidação sendo determinado em 0,026 (por dia).

Exemplo 3

(Experimento Preparatório)

[0055] 100 ml de um veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 20 µm foram suprido em um tanque de teste de 1.000 ml de capacidade e água artificial foi suprida ao tanque de teste em uma quantidade tal que a carga volumétrica da DBO de 1,2 kg/(m³ por dia) pudesse ser estabelecida. A partir da concentração de SS exibida quando a razão de remoção de DBO no tanque atingiu 95% ou mais, foi obtida a razão de transformação de lama de 30%. Em seguida, o SS foi cheio em um cilindro graduado de 1 L de capacidade, e o coeficiente de auto-oxidação subsequente determinado com referência a uma mudança dependente do tempo da concentração de lama em uma condição aeróbica, o coeficiente de auto-oxidação sendo determinado em 0,07 (por dia).

(Experimento de Verificação)

[0056] De acordo com o fluxograma mostrado na figura 5, e com base na razão de transformação de lama e no coeficiente de auto-oxidação, ambos determinados de acordo com o experimento preparatório supra-referido, um experimento para tratar a água residual artificial de 1.200 L por dia foi conduzido com o uso de um equipamento de tratamento de água residual,

incluindo um tanque de desnitrificação 9 com uma capacidade de 200 L, o tanque de nitrificação 11 com uma capacidade de 200 L, o tanque de oxidação total 3 com uma capacidade de 200 L e o tanque de sedimentação 5 com uma capacidade de 150 L. A água residual artificial foi preparada para ter uma DBO de 200 mg/l e nitrogênio total de 50 mg/l. 20 L do veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 20 μm foram carregados em cada um do tanque de desnitrificação 9 e do tanque de nitrificação 11. Um líquido no tanque de nitrificação 11 foi retornado para o tanque de desnitrificação 9 a uma taxa de 3.600 L por dia. 230 g de alumínio policlorado (um coagulante inorgânico) foram inicialmente adicionados ao tanque de oxidação total 3. Em decorrência de o sistema ser operado na condição supra-referida, a razão de remoção de nitrogênio no tanque de desnitrificação e no tanque de nitrificação 11 atingiu um valor visado de até 75% em um mês subsequente ao início de operação. O MLSS no tanque de oxidação total 3 aumentou gradualmente, tendo atingido um valor constante de cerca de 5.200 mg/l. A razão de transformação de lama no tanque de desnitrificação 9 e no tanque de nitrificação 11 foi determinada em 30%. Também, o coeficiente de auto-oxidação, derivado da quantidade de lama que escoou para o tanque de oxidação total 3 e da quantidade de lama reduzida no tanque de oxidação total 3 no momento do MLSS no tanque de oxidação total 3, foi determinado em 0,069 por dia, que é substancialmente idêntico ao resultado do experimento preparatório. O coagulante foi suprido ao tanque de oxidação total 3 somente no momento do início da operação e o sistema foi operado nos dez meses subsequentes sem adição de coagulante. O sistema pôde ser operado sem extração de lama durante o período experimental, e considerou-se que a água tratada tem uma qualidade aceitável de DBO = 5 mg/l ou menos e SS = 10 mg/l ou menos.

Exemplo Comparativo 4:

(Exemplo Preparatório)

[0057] 100 ml de um veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 20 μm foram supridos a um tanque de teste de 1.00 ml de capacidade d água residual artificial foi suprida ao tanque de teste em uma quantidade tal que a carga volumétrica da DBO de 1,2 $\text{kg}/(\text{m}^3 \text{ por dia})$ pudesse ser estabelecida. A partir da concentração de SS exibida quando a razão de remoção de DBO no tanque atingiu 95% ou mais, foi obtida a razão de transformação de lama de 30%. Em seguida, o SS foi cheio em um cilindro graduado de 1 L de capacidade e o coeficiente de auto-oxidação subsequente determinado com referência a uma mudança dependente do tempo da concentração de lama em uma condição aeróbica, o coeficiente de auto-oxidação sendo determinado em 0,030 (por dia).

(Experimento de Verificação)

[0058] De acordo com o fluxograma mostrado na figura 5 e com base na razão de transformação de lama e no coeficiente de auto-oxidação, ambos determinados de acordo com o experimento preparatório supra-referido, um experimento para tratar a água residual artificial de 1.200 L por dia foi conduzido com o uso de um equipamento de tratamento de água residual similar ao empregado no exemplo 3. A água residual artificial foi preparada para ter uma DBO de 200 mg/l e nitrogênio total de 50 mg/l . 20 L de veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 100 μm foram carregados em cada um do tanque de desnitrificação 9 e tanque de nitrificação 11. Um líquido no tanque de nitrificação 11 foi retornado para o tanque de desnitrificação 9 a uma taxa de 3.600 L por dia. 230 g de alumínio policlorado (um coagulante inorgânico) foram inicialmente adicionados ao tanque de oxidação total 3. Em decorrência de o sistema ter sido operado na condição supra-referida, a taxa de remoção de nitrogênio no tanque de desnitrificação 9 e no tanque de nitrificação 11 atingiu um valor visado de 75% em um mês subsequente ao início de operação. A taxa de transformação de lama no tanque de nitrificação 11 foi determinada em 15%.

O MLSS no tanque de oxidação total 3 aumentou gradualmente, tendo atingido um valor constante de cerca de 5.200 mg/l, e a interface da lama no tanque de sedimentação 5 aumentou dia a dia, e foi necessária extração da lama em uma quantidade de cerca de 40 g por dia. Também, quando o coeficiente de auto-oxidação foi medido a partir da quantidade da lama gerada no tanque de oxidação total 3 e da quantidade de lama extraída, o coeficiente de auto-oxidação foi determinado em 0,031 (por dia).

Exemplo 4:

(Experimento Preparatório)

[0059] 100 ml de um veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 20 μm foram supridos a um tanque de teste de 1.000 ml de capacidade, e água residual de alimento A foi suprida ao tanque de teste em uma quantidade tal que a carga volumétrica da DBO de 3,0 kg/(m³ por dia) pudesse ser estabelecida. A partir da concentração de SS exibida quando a taxa de remoção de DBO no tanque atingiu 95% ou mais, a taxa de transformação de lama de 40% foi obtida. Em seguida, o SS foi cheio em um cilindro graduado de 1 L de capacidade com referência a uma mudança dependente do tempo da concentração de lama em uma condição aeróbica, o coeficiente de auto-oxidação sendo determinado em 0,069 (por dia).

(Experimento de Verificação)

[0060] De acordo com o fluxograma mostrado na figura 1 e com base na taxa de transformação de lama e no coeficiente de auto-oxidação, ambos determinados de acordo com o experimento preparatório supra-referido, um experimento para tratar a água residual de alimento de 200 m³ por dia foi conduzido com o uso de um equipamento de tratamento de água residual, incluindo o tanque de aeração 1 com uma capacidade de 70 m³, o tanque de oxidação total 3 com uma capacidade de 190 m³ e o tanque de sedimentação 5 com uma capacidade de 25 m³. 7 m³ de veículo gel de álcool polivinílico

acetalizado com um tamanho de poro não superior a 20 μm foram carregados no tanque de aeração 1. Alumínio policlorado (um coagulante inorgânico) foi adicionado ao tanque de oxidação total 3 até o ponto em que a separabilidade sólido-líquido da lama no tanque de sedimentação 5 fosse melhorada. Quando o sistema operou a 3,0 $\text{kg}/(\text{m}^3 \text{ por dia})$ a carga volumétrica da DBO no tanque de aeração 1, o MLSS no tanque de oxidação total 3 aumentou gradualmente e atingiu um valor substancialmente constante de cerca de 6.000 mg/l . A taxa de transformação de lama no tanque de aeração 1 foi determinada em 40%. O coeficiente de auto-oxidação, derivado da quantidade da lama que escoou para o tanque de oxidação total 3 e da quantidade de lama reduzida no tanque de oxidação total 3 no momento do MLSS no tanque de oxidação total 3, foi determinado em 0,070 (por dia), que é substancialmente idêntico ao resultado do experimento preparatório. O coagulante foi suprido continuamente no tanque de oxidação total 3 por cerca de um mês subsequente ao início da operação. Depois disso, o sistema foi operado por dez meses na condição de que o coagulante é adicionado quando o SS da água tratada subsequentemente tiver atingido 10 mg/l ou mais. Durante esse período experimental, o coagulante foi adicionado somente em um mês inicial e não foi adicionado em seguida. Também, o sistema pôde ser operado sem extração de lama durante o período experimental, e observou-se que a água tratada tem uma qualidade aceitável de DBO = 5 mg/l ou menos e SS = 10 mg/l ou menos.

Exemplo Comparativo 5:

(Experimento Preparatório)

[0061] 100 ml de um veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 100 μm foram supridos a um tanque de teste de 1.000 ml de capacidade, e água residual de alimento A foi suprida ao tanque de teste em uma quantidade tal que a carga volumétrica da DBO de 3,0 $\text{kg}/(\text{m}^3 \text{ por dia})$ pudesse ser estabelecida. A partir da concentração de SS exibida quando a taxa de remoção de DBO no tanque atingiu 95% ou mais, a

taxa de transformação de lama de 40% foi obtida. Em seguida, o SS foi cheio em um cilindro graduado de 1 L de capacidade e o coeficiente de auto-oxidação subseqüentemente determinado com referência a uma mudança dependente do tempo da concentração de lama em uma condição aeróbica, o coeficiente de auto-oxidação sendo determinado em 0,024 (por dia).

(Experimento de Verificação)

[0062] De acordo com o fluxograma mostrado na figura 1 e, com base na taxa de transformação de lama e no coeficiente de auto-oxidação, ambos determinados de acordo com o experimento preparatório supra-referido, um experimento para tratar a água residual de alimento de 200 m³ por dia foi conduzido com o uso de um equipamento de tratamento de água residual similar ao empregado no exemplo 4. 7 m³ de veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 100 µm foram carregados no tanque de aeração 1. Alumínio policlorado (um coagulante inorgânico) foi adicionado ao tanque de oxidação total 3 até o ponto em que a separabilidade sólido-líquido da lama no tanque de sedimentação 5 fosse melhorada. Quando o sistema operou a 3,0 kg/(m³ por dia) da carga volumétrica da DBO no tanque de aeração 1, a taxa de transformação de lama no tanque de aeração 1 foi determinada em 40%. O MLSS no tanque de oxidação total 3 aumentou gradualmente, tendo atingido um valor constante de cerca de 6.000 mg/l, mas a interface da lama no tanque de sedimentação 5 aumentou dia a dia, e foi necessária extração da lama em uma quantidade de cerca de 50 kg por dia. Quando o coeficiente de auto-oxidação foi medido a partir da quantidade de lama gerada no tanque de oxidação total 3 e da quantidade de lama extraída, o coeficiente de auto-oxidação foi determinado em 0,025 (por dia).

Exemplo 5:

(Experimento Preparatório)

[0063] 100 ml de um álcool polivinílico acetalizado com um tamanho

de poro não superior a 20 μm foram supridos a um tanque de teste de 1.000 ml de capacidade, e água residual química C foi suprida ao tanque de teste em uma quantidade tal que a carga volumétrica da DBO de 2,5 $\text{kg}/(\text{m}^3 \text{ por dia})$ pudesse ser estabelecida. A partir da concentração de SS exibida quando a taxa de remoção de DBO no tanque atingiu 95% ou mais, a taxa de transformação de lama de 30% foi obtida. Em seguida, o SS foi cheio em um cilindro graduado de 1 L de capacidade e o coeficiente de auto-oxidação subsequente determinado com referência a uma mudança dependente do tempo da concentração de lama em uma condição aeróbica, o coeficiente de auto-oxidação sendo determinado em 0,069 (por dia).

(Experimento de Verificação)

[0064] De acordo com o fluxograma mostrado na figura 1 e com base na razão de transformação de lama e no coeficiente de auto-oxidação, ambos determinados de acordo com o experimento preparatório supra-referido, um experimento para tratar a água residual química C de 400 m^3 por dia foi conduzido com o uso de um equipamento de tratamento de água residual, incluindo o tanque de aeração 1 com uma capacidade de 320 m^3 , o tanque de oxidação total 3 com uma capacidade de 570 m^3 e o tanque de sedimentação 5 com uma capacidade de 50 m^3 . 32 m^3 do veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 20 μm foram carregados no tanque de aeração 1. Alumínio policlorado (um coagulante inorgânico) foi adicionado ao tanque de oxidação total 3 até o ponto em que a separabilidade sólido-líquido da lama no tanque de sedimentação 5 fosse melhorada. Quando o sistema operou a 2,5 $\text{kg}/(\text{m}^3 \text{ por dia})$ da carga volumétrica da DBO no tanque de aeração 1, o MLSS no tanque de oxidação total 3 aumentou gradualmente, tendo atingido um valor constante de cerca de 6.000 mg/l . A taxa de transformação de lama no tanque de aeração 1 foi determinada em 30%. Quando o coeficiente de auto-oxidação foi medido a partir da quantidade de lama gerada no tanque de oxidação total 3 e da quantidade da

lama extraída no momento do MLSS no tanque de oxidação total 3 atingiu o valor constante, o coeficiente de auto-oxidação sendo determinado em 0,070 (por dia), que foi idêntico ao obtido durante o experimento preparatório. O coagulante foi suprido continuamente no tanque de oxidação total 3 por cerca de um mês subsequente ao início da operação. Depois disso, o sistema foi operado por doze meses na condição de que o coagulante é adicionado quando o SS da água tratada atingiu subsequenteamente 10 mg/l ou mais. Durante o período experimental, o coagulante foi adicionado somente para o mês inicial e não foi adicionado em seguida. Também, o sistema pôde ser operado sem extração de lama durante o período experimental e observou-se que a água tratada tem uma qualidade aceitável de DBO = 5 mg/l ou menos e SS = 10 mg/l ou menos.

Exemplo Comparativo 6:

(Experimento Preparatório)

[0065] 100 ml de veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 100 μm foram supridos a um tanque de teste de 1.000 ml de capacidade, e água residual química C foi suprida ao tanque de teste em uma quantidade tal que a carga volumétrica da DBO de 2,5 kg/(m³ por dia) pudesse ser estabelecida. A partir da concentração de SS exibida quando a taxa de remoção de DBO no tanque atingiu 95% ou mais, a taxa de transformação de lama de 30% foi obtida. Em seguida, o SS foi cheio em um cilindro graduado de 1 L de capacidade e o coeficiente de auto-oxidação subsequenteamente determinado com referência a uma mudança dependente do tempo da concentração de lama em uma condição aeróbica, o coeficiente de auto-oxidação sendo determinado em 0,033 (por dia).

(Experimento de Verificação)

[0066] De acordo com o fluxograma mostrado na figura 1 e com base na taxa de transformação de lama e no coeficiente de auto-oxidação, ambos determinados de acordo com o experimento preparatório supra-referido, um

experimento para tratar a água residual química C de 400 m³ por dia foi conduzido com o uso de um equipamento de tratamento de água residual similar ao empregado no exemplo 5. 32 m³ de veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 100 µm foram carregados no tanque de aeração 1. Alumínio policlorado (um coagulante inorgânico) foi adicionado ao tanque de oxidação total 3 até o ponto em que a separabilidade sólido-líquido da lama no tanque de sedimentação 5 foi melhorada. Quando o sistema operou a 2,5 kg/(m³ por dia) da carga volumétrica da DBO no tanque de aeração 1, a taxa de transformação de lama no tanque de aeração 1 foi determinada em 30%. O MLSS no tanque de oxidação total 3 aumentou gradualmente, tendo atingido um valor constante de cerca de 6.000 mg/l, mas a interface da lama no tanque de sedimentação 5 aumentou dia a dia, e foi necessária extração da lama em uma quantidade de cerca de 127 kg por dia. Quando o coeficiente de auto-oxidação foi medido a partir da quantidade da lama gerada no tanque de oxidação total 3 e da quantidade de lama extraída, o coeficiente de auto-oxidação foi determinado em 0,033 (por dia).

Exemplo 6:

(Experimento Preparatório)

[0067] 100 ml de um veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 100 µm foram supridos a um tanque de teste de 1.000 ml de capacidade e uma água residual de alimento B foi suprido ao tanque de teste em uma quantidade tal que a carga volumétrica da DBO de 5 kg/(m³ por dia) pôde ser estabelecida. A partir da concentração de SS exibida quando a razão de remoção de DBO no tanque atingiu 95% ou mais, foi obtida a razão de transformação de lama de 30%. Em seguida, o SS foi cheio em um cilindro graduado de 1 L de capacidade e o coeficiente de auto-oxidação subsequente determinado com referência a uma mudança dependente do tempo da concentração da lama em uma condição aeróbica, o

coeficiente de auto-oxidação sendo determinado em 0,055 (por dia).

(Experimento de Verificação)

[0068] De acordo com o fluxograma mostrado na figura 1 e com base na taxa de transformação de lama e no coeficiente de auto-oxidação, ambos determinados de acordo com o experimento preparatório supra-referido, um experimento para tratar a água residual de alimento B de 400 m³ por dia foi conduzido com o uso de um equipamento de tratamento de água residual, incluindo um tanque de aeração 1 com uma capacidade de 160 m³, o tanque de oxidação total e com uma capacidade de 700 m³ e o tanque de sedimentação 5 com uma capacidade de 50 m³. 16 m³ do veículo gel do álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 100 µm foram carregados no tanque de aeração 1. Alumínio policlorado (um coagulante inorgânico) foi adicionado ao tanque de oxidação total 3 até o ponto em que a separabilidade sólido-líquido da lama no tanque de sedimentação 5 fosse melhorada. Quando o sistema operou a 5 kg/(m³ por dia) da carga volumétrica da DBO no tanque de aeração 1, o MLSS no tanque de oxidação total 3 aumentou gradualmente, tendo atingido um valor constante de cerca de 6.000 mg/l. A taxa de transformação de lama no tanque de aeração 1 foi determinada em 30%. Quando o coeficiente de auto-oxidação, medido a partir da quantidade da lama que escoou para o tanque de oxidação total 3 e da quantidade da lama reduzida no tanque de oxidação total 3 no momento do MLSS no tanque de oxidação total 3, foi determinada em 0,057 (por dia), que foi substancialmente idêntica à obtida durante o experimento preparatório. O coagulante foi continuamente suprido ao tanque de oxidação total 3 por cerca de um mês subsequente ao início da operação. Depois disso, o sistema operou durante 12 meses na condição de que o coagulante é adicionado quando o SS da água tratada atingiu subsequentemente 10 mg/l ou mais. Durante esse período experimental, o coagulante foi adicionado somente em um mês inicial, e não adicionado em

seguida. Também, o sistema pôde ser operado sem extração de lama durante o período experimental, e observou-se que a água tratada tem uma qualidade aceitável de DBO = 5 mg/l ou menos e SS = 10 mg/l ou menos.

Exemplo Comparativo 7:

(Experimento Preparatório)

[0069] 100 ml de um veículo gel de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 100 μm foi suprido em um tanque de teste de 1.00 ml de capacidade, e água residual de alimento B foi suprida ao tanque de teste em uma quantidade tal que a carga volumétrica da DBO de 2,0 $\text{kg}/(\text{m}^3 \text{ por dia})$ pôde ser estabelecida. A partir da concentração de SS exibida quando a razão de remoção de DBO no tanque atingiu 95% ou mais, a taxa de transformação de lama de 30% foi obtida. Em seguida, o SS foi cheio em um cilindro granulado de 1 L de capacidade e o coeficiente de auto-oxidação subsequente determinado com referência a uma mudança dependente do tempo da concentração de lama em uma condição aeróbica, o coeficiente de auto-oxidação sendo determinado em 0,020 (por dia).

(Experimento de Verificação)

[0070] De acordo com o fluxograma mostrado na figura 1 e com base na taxa de transformação de lama e no coeficiente de auto-oxidação, ambos determinados de acordo com o experimento preparatório supra-referido, um experimento para tratar a água residual de alimento B de 400 m^3 por dia foi conduzido com o uso de um equipamento de tratamento de água residual, incluindo um tanque de aeração com uma capacidade de 400 m^3 , o tanque de oxidação total 3 com uma capacidade de 700 m^3 o tanque de sedimentação 5 com uma capacidade de 50 m^3 . 40 m^3 de gases combustíveis de álcool polivinílico acetalizado com um tamanho de poro não superior a 100 μm foram carregados no tanque de aeração 1. Alumínio policlorado (um coagulante inorgânico) foi adicionado ao tanque de oxidação total 3 até o ponto em que a separabilidade sólido-líquido da lama no tanque de

sedimentação 5 fosse melhorada. Quando o sistema operou a 2,0 kg/(m³ por dia) da carga volumétrica da DBO no tanque de aeração 1, a taxa de transformação de lama no tanque de aeração 1 foi determinada em 30%. O MLSS no tanque de oxidação total 3 aumentou gradualmente, tendo atingido um valor constante de cerca de 6.000 mg/l, e a interface da lama no tanque de sedimentação 5 aumentou dia a dia, e foi necessária extração da lama em uma quantidade de cerca de 150 kg por dia. Quando o coeficiente de auto-oxidação foi medido a partir da quantidade de lama gerada no tanque de oxidação total 3 e da quantidade de lama extraída, o coeficiente de auto-oxidação foi determinado em 0,021 (por dia).

REIVINDICAÇÕES

1. Método de tratamento de água residual realizado com o uso de um tanque de aeração no qual água residual entra em contato com um veículo particulado em uma condição aeróbica, um tanque de oxidação total no qual o volume de uma lama desenvolvida no tanque de aeração é reduzido, e um equipamento de separação sólido-líquido para a lama no tanque de oxidação total, caracterizado pelo fato de que o método compreende as etapas de:

ajustar um coeficiente de auto-oxidação da lama, que é definido como uma proporção da lama reduzida pela auto-oxidação resultante do canibalismo da lama por dia em relação à quantidade total de lama no tanque de oxidação total, que escoar no tanque de oxidação total em 0,05 (por dia) ou mais; e

adicionar um coagulante no tanque de oxidação total para melhorar uma separabilidade sólido-líquido da lama no tanque de oxidação total.

2. Método de tratamento de água residual, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o tratamento de água residual no tanque de aeração é conduzido para remoção de DBO ou remoção de nitrogênio.

3. Método de tratamento de água residual, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que uma carga da lama da DBO no tanque de oxidação total é ajustada em 0,05 kg – DBO/(kg – SS por dia) ou menos.

4. Método de tratamento de água residual, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o equipamento de separação sólido-líquido para a lama no tanque de oxidação total é na forma de um tanque de sedimentação ou de um equipamento de filtração.

5. Método de tratamento de água residual, de acordo com a

reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o veículo é pelo menos um veículo selecionado do grupo que consiste em um veículo gel, um veículo plástico e um veículo fibroso.

6. Método de tratamento de água residual, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o veículo é um gel de álcool polivinílico acetalizado.

FIG. 1

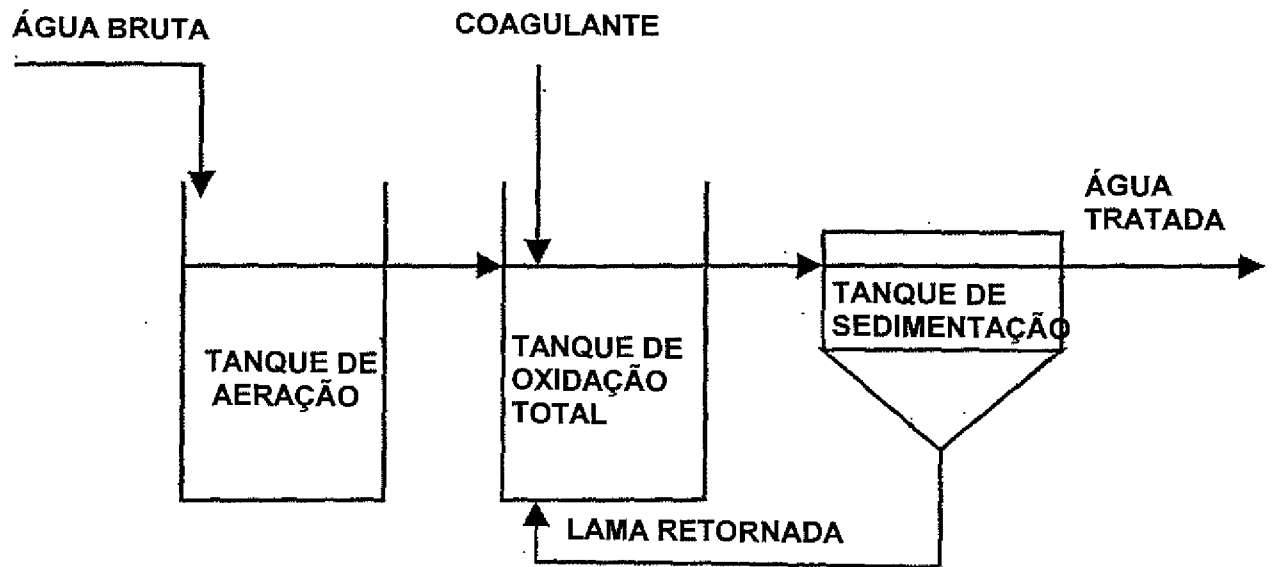


FIG.2

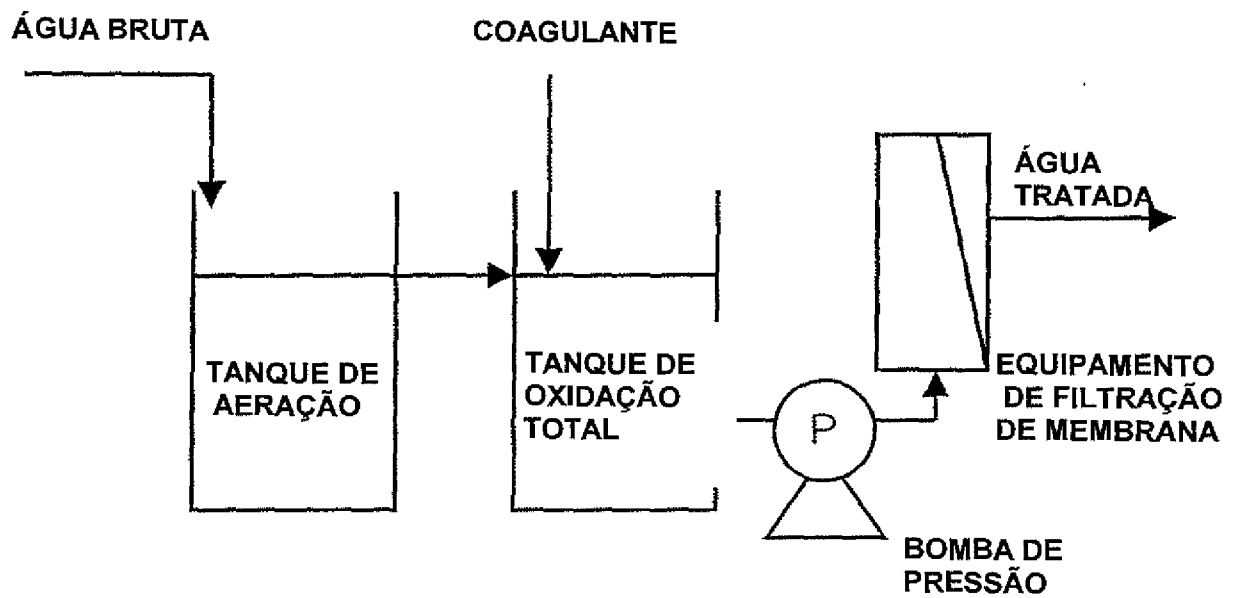


FIG. 3

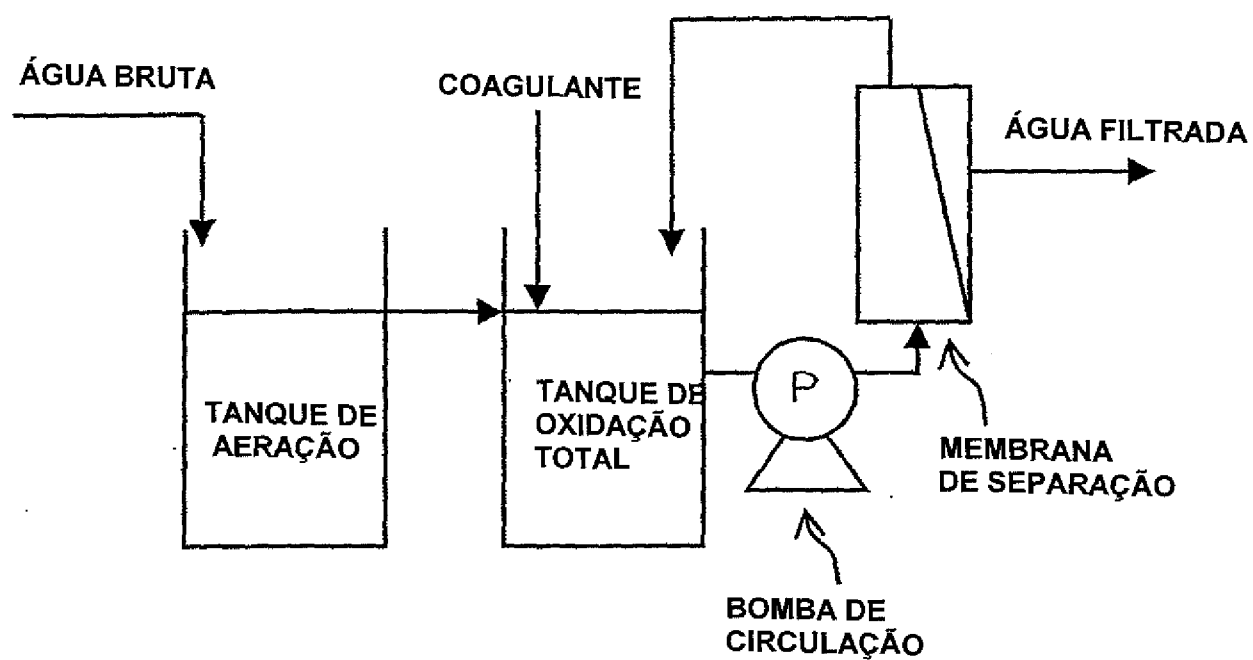


FIG. 4

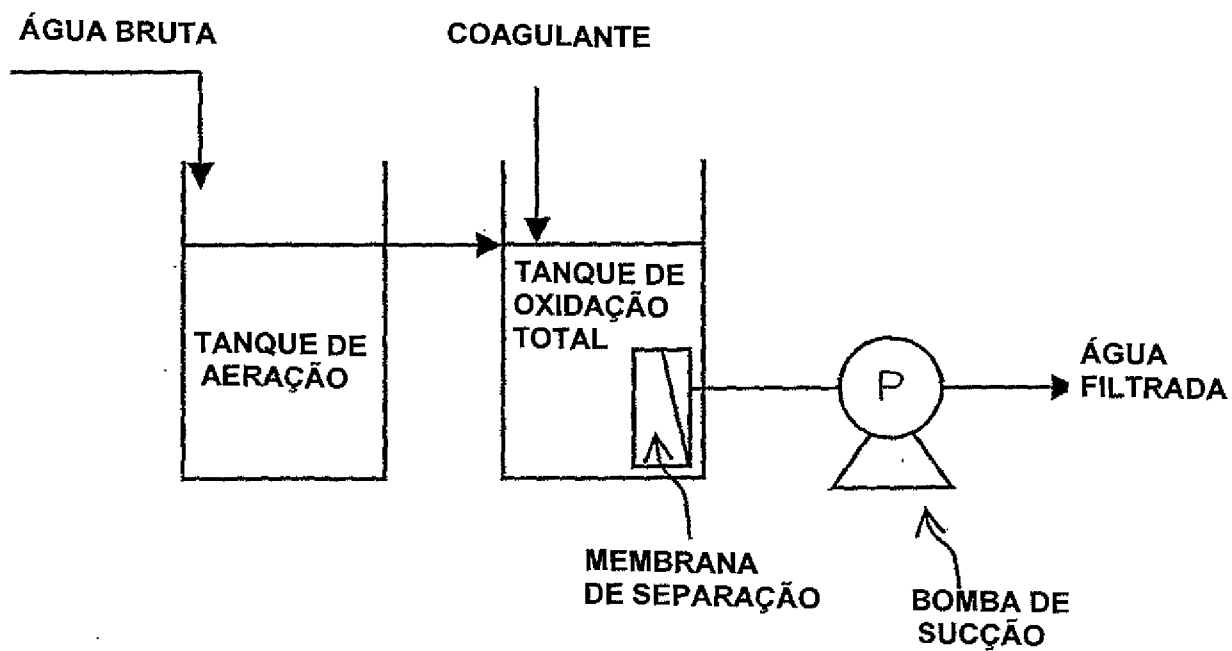


FIG. 5

