



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior
Instituto Nacional de Propriedade Industrial

(21) **PI0615302-0 A2**

(22) Data de Depósito: 21/08/2006
(43) Data da Publicação: 17/05/2011
(RPI 2106)



(51) *Int.Cl.:*
C02F 3/00

(54) Título: **PROCESSO E SISTEMA DE DESNITRIFICAÇÃO**

(30) Prioridade Unionista: 15/08/2006 US 11/504,101,
24/08/2005 US 60/710,612

(73) Titular(es): Parkson Corporation

(72) Inventor(es): DOMINIC JANSSEN, MICHAEL MCGEHEE

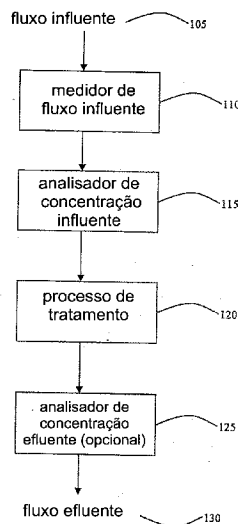
(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler &
Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2006032447 de 21/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/024737 de 01/03/2007

(57) **Resumo:** PROCESSO E SISTEMA DE DESNITRIFICAÇÃO. A presente invenção refere-se a processo e sistema para desnitrificação de águas servidas. O processo inclui as etapas de medir uma taxa de fluxo influente, de medir as concentrações influentes de nitratos, nitritos, e oxigênio dissolvido nas águas servidas, e de usar as concentrações influentes para determinar uma quantidade nominal de metanol a ser provida para desnitrificação. A invenção também contempla a medição de concentrações efluentes de nitratos e nitritos (isto é, NO_3) e o uso opcional de concentrações efluentes para ajustar a quantidade nominal de metanol que é provida.

100



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO E SISTEMA DE DESNITRIFICAÇÃO**".

REFERÊNCIA CRUZADA AOS PEDIDOS DE PATENTE RELACIONADOS

Este pedido reivindica prioridade ao Pedido Provisório Norte-americano 60/710.612, depositado em 24 de agosto de 2005, e a um Pedido Norte-americano afim, depositado em 15 de agosto de 2006, as descrições dos quais são aqui incorporadas para referência em sua totalidade.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Campo da Invenção

10 A presente invenção refere-se, de maneira geral, a um sistema e um processo para tratamento de águas servidas e, em particular, a um sistema e a um processo para a desnitrificação de águas servidas.

TÉCNICA RELACIONADA

De acordo com um artigo recente do jornal Washington Post
15 ("Troubled Waters in the Shenandoah: Death of Smallmouth Bass Brings Attention But No Quick Answers on Improving Quality", de Michael Alison Chandler, Escritor Adjunto do Washington Post, de quarta-feira 20 de julho de 2005, página B01), constantemente são levantadas questões acerca da qualidade da água que alimenta os canais no Vale Shenandoah e basicamente na Baía de Chesapeake e em seus arredores. Dentre os fatores citados no artigo, o alto teor de nutriente (e nitrogênio) nas águas de alimentação foi mencionado como um culpado significativo:

O rio é também conhecido como apresentando altos níveis de nutrientes. Nitrogênio e fósforo em altas quantidades ocasionam o crescimento excessivo de plantas e algas, o que pode reduzir os níveis de oxigênio dissolvido.
25 Os peixes lutam para respirar, e isso pode debilitar sua resistência a doenças ou bactérias.

A terra ao longo de todos os três rios afetada pela mortandade de peixes é
30 principalmente agrícola. Com mais de 900 fazendas no vale, é predominante a indústria de aves domésticas. Os resíduos de altos nutrientes das fazendas são usados como fertilizante e podem ser arrastados pelo rio.

Fica evidente a necessidade de se controlar o teor de nitrogênio das águas servidas de uma forma mais eficaz e melhor.

É sabido que o controle de substâncias químicas de alimentação usadas no processamento de líquidos (por exemplo, águas servidas em um sistema de tratamento de águas servidas) pode ser automatizado através do uso de dispositivos de controle computadorizados. Podem ocorrer problemas durante a dosagem automática de substância química no sistema de tratamento por causa das imprecisões das medições de uma substância química presente no sistema e da relação variável de substância química-líquido, quando da variação da taxa de fluxo de líquido.

No passado, a dosagem era feita por testes de laboratório ou de banco da concentração de substância química influente, em combinação com as medições de taxa de fluxo influente. Subseqüentemente, foram executados cálculos de dosagem, tendo sido manualmente ajustado o dispositivo de dosagem, uma bomba de alimentação de substância química, por exemplo, de acordo com os cálculos. Mais recentemente, a regulação parcial das bombas de dosagem foi praticada usando um sinal de fluxo de água influente. A variação da taxa de dosagem para manter um resultado de teste de concentração de substância química efluente foi considerada uma abordagem mais direta.

Recentemente, foram disponibilizados analisadores automáticos confiáveis para a concentração química, permitindo assim a automação de todo o procedimento de dosagem. Analisadores automáticos podem também ser configurados para detectar diversas substâncias químicas importantes no sistema de tratamento de águas servidas, permitindo o uso de uma variedade de substâncias químicas dependendo da aplicação específica, por exemplo, a adição de bicarbonato de sódio em um reator biológico aerado ou a adição de sais de ferro ou alumínio antes de um clarificador para controlar a remoção de fósforo.

Na Patente Norte-americana No. 6.129.104 (a patente '104), os conteúdos da qual são aqui incorporados para referência, é provido um método para controlar a adição de substâncias químicas de tratamento de líqui-

do pelo controle de dosagem automático. Neste método, o cálculo da quantidade de substâncias químicas a ser dosada no sistema combina sinais de um medidor de fluxo de líquido, um analisador de concentração de substância química influente, e um analisador de concentração de substância química efluente. Os sinais são direcionados a um controlador de dosagem de substância química computadorizado que analisa e ajusta os dados dos sinais e gera um sinal de saída que controla os mecanismos de dosagem de substância química. De acordo com a patente '104, este método pode ser usado, por exemplo, para a desnitrificação de águas servidas usando metanol como a substância química de alimentação.

A desnitrificação compreende a remoção de nitrato e nitrito de um fluxo de água através do uso de bactérias heterotróficas facultativas. Estas bactérias heterotróficas facultativas, na presença de uma fonte de carbono (por exemplo, metanol), e na ausência de oxigênio dissolvido (DO), podem desprender os átomos de oxigênio das porções tanto de nitrato como de nitrito, que deixam o gás de nitrogênio (N_2) que emana do fluxo de resíduos e entra na atmosfera (o ar é gás de cerca de oitenta por cento de nitrogênio), desnitrificando, conseqüentemente, o fluxo de água. Desse modo, o consumo de metanol é dependente do nitrato e do nitrito influentes, bem como do DO influente, isto é, uma quantidade suficiente de metanol é exigida para primeiramente esgotar o DO influente e subseqüentemente para responder pelo desprendimento de todos os átomos de oxigênio associados com nitrato e nitrito.

A patente '104, entretanto, ignora DO e nitritos e adicionalmente descreve a medição de concentrações influentes e efluentes de nitratos apenas a fim de determinar uma quantidade de metanol a ser alimentada no sistema para desnitrificação. Entretanto, conforme discutido acima, a medição das concentrações influentes e efluentes de nitratos é insuficiente em determinar a quantidade adequada de metanol a ser alimentada no sistema para desnitrificação. De outra maneira, um sistema de dosagem de metanol que rigorosamente contempla o nitrato influente e efluente não responde pelas demandas de metanol associadas com níveis variados de nitrito e DO

influentes, levando assim a uma possível sobredosagem ou subdosagem de metanol. Por exemplo, a confiança apenas nas medições de nitrato influente pode resultar em uma sobredosagem por causa de uma queda nos níveis de DO influente. Justamente por isso, a confiança nas medições de nitrato efluente pode resultar em uma subdosagem por que um baixo nível de nitrato efluente medido é perdido conjuntamente com o fato de uma redução nos níveis de nitrato poder simplesmente indicar que todo o nitrato foi convertido em nitrito, que tem ainda que ser reduzido. Isto é, o nitrato é primeiramente convertido em nitrito (resultando assim em um aumento nos níveis de nitrito) a caminho para completar a conversão para nitrogênio gasoso. Em vez disso, a patente '104 conta com fatores "de improvisação", por exemplo, o uso de um "fator ajustável [que] é determinado pelo operador" e/ou o uso de um "fator de sensibilidade [que] é selecionado pelo operador" para compensar a imprecisão inerente em limitar as medições às concentrações de nitrato. Inicialmente estes "fatores" controlados pelo operador não passam de suposições baseadas em fatos ou informações e, na melhor das hipóteses, poderiam ser derivados empiricamente. Em tal técnica controlada por operador está implícita a necessidade de um operador "se preparar para lidar" com as exigências do sistema, representando uma "curva de aprendizado" demorada.

Por isso, há necessidade de um método automatizado mais preciso de determinar uma quantidade de substâncias químicas de alimentação (por exemplo, metanol) a ser alimentada em um sistema de desnitrificação sem confiança nos fatores ajustáveis ou de sensibilidade controlados por operador. Em particular, há necessidade de um método que tome concentrações influentes de substâncias contendo nitrogênio, além de nitratos (por exemplo, nitritos) (assim denominados de NO_x) e oxigênio dissolvido e concentrações efluentes destas substâncias contendo nitrogênio (isto é, NO_x) no cálculo da dose apropriada de substância química de alimentação. Estas medições podem ser tiradas ou de amostras de influentes apenas ou de amostras tanto de influentes como de efluentes.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Em um aspecto, a invenção apresenta um processo de desnitrificação aquoso para um sistema de tratamento de águas servidas. O sistema de tratamento águas servidas apresenta fluxos aquosos influentes e efluentes, uma camada de filtração que abriga micróbios, e loops de controle de alimentação e de realimentação opcional. O processo compreende as etapas de: a) determinar o fluxo influente (opcionalmente representado em milhões de galões por dia) Q , a concentração de oxigênio dissolvido influente (opcionalmente representada em mg/litro) DO_{in} , a concentração de nitrato influente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_3-N_{in} , e a concentração de nitrito influente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_2-N_{in} ; b) utilizar uma relação de loop de controle de alimentação (1) para determinar uma exigência de substância química de alimentação FCR,

$$FCR = Q[(X*DO) + (Y*NO_3-N_{in}) + (Z*NO_2-N_{in})] \quad (1)$$

na qual X , Y e Z são fatores sem unidades predeterminados que variam de cerca de 0,7 a cerca de 3,0; c) opcionalmente determinar a concentração de nitrato efluente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_3-N_{eff} , e a concentração de nitrito efluente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_2-N_{eff} ; e d) opcionalmente utilizar relações de loop de controle de realimentação (2), (3) e (4) para determinar uma exigência de substância química de alimentação ajustada AF_{CR}, utilizando a relação (5),

$$AP = GAIN * ERR \quad (2)$$

$$AI_{(new)} = AI_{(old)} + GAIN * \frac{dl}{TI} * \frac{ERR_{(new)} + ERR_{(old)}}{2} \quad (3)$$

$$A = AP + AI \quad (4)$$

$$AF_{CR} = FCR * (1 + A) \quad (5)$$

nas quais $GAIN$ é um coeficiente de ação sem unidade predeterminado, ERR é a diferença entre NO_x-N_{eff} medidos (que é a soma de NO_3-N_{eff} e NO_2-N_{eff}) e o ponto de ajuste NO_x-N_{eff} , dl é a soma do tempo de processamento do microprocessador (opcionalmente representada em segundos) e um interval-

lo de tempo TI (opcionalmente representado em segundos), entre as medições, e referências a "new" e "old" se referem a uma medição atual e uma medição anterior. O valor de FCR pode ser representado em libras por dia pela multiplicação do valor para FCR obtido através da relação (1) por um

5 fator de conversão, que é de 8,34. Os valores para X, Y e Z são determinados pela equação estequiométrica para o consumo de oxigênio dissolvido, nitratos e nitritos na presença de metanol. Uma discussão mais detalhada das concretizações preferidas é apresentada abaixo. Entretanto, em uma concretização da invenção, o valor de X pode ser ajustado, por exemplo, em

10 0,81, o valor de Y pode ser ajustada, por exemplo, em 2,25, e o valor de Z pode ser ajustado, por exemplo, em 1,35. O valor de GAIN pode ser ajustado, por exemplo, em 0,2. O valor TI pode ser ajustado, por exemplo, em 400 segundos. O valor do ponto de ajuste NO_xN_{eff} pode ficar dentro da faixa de 0,25 mg/litro a 10,0 mg/litro. O quociente dl/TI pode ser aproximadamente

15 igual a 1. Os valores para $AI_{(old)}$ e $ERR_{(old)}$ podem ser ajustados na medição inicial em 0. Deve ser enfatizado, contudo, que a invenção não é limitada às ou pelas equações providas acima, que simplesmente servem como ilustrativas de uma concretização preferida da invenção.

Em outro aspecto da invenção, é provido um sistema de desnitrificação de águas servidas. O sistema compreende um medidor de fluxo influente para medir um fluxo influente (opcionalmente representado em milhões de galões por dia) Q ; um analisador de concentração influente para medir uma concentração de oxigênio dissolvido influente (opcionalmente representada em mg/litro) DO_{in} , uma concentração de nitrato influente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_3-N_{in} , e uma concentração de nitrito influente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_2-N_{in} ; um analisador de concentração efluente opcional para medir uma concentração de nitrato efluente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_3-N_{eff} , e uma concentração de nitrito efluente (opcionalmente representada em mg/litro)

20

25

30 NO_2-N_{eff} , e um controlador de substância química de alimentação para prover uma substância química de alimentação em uma taxa controlada. O controlador de substância química de alimentação é responsivo a um ou mais

sinais de saída providos por um loop de controle automatizado que aceita os sinais de entrada do analisador de concentração influente e opcionalmente do analisador de concentração efluente. Os sinais de entrada se referem pelo menos a $\text{NO}_3\text{-N}_{\text{in}}$ e $\text{NO}_2\text{-N}_{\text{in}}$ e, opcionalmente, a $\text{NO}_3\text{-N}_{\text{eff}}$ e $\text{NO}_2\text{-N}_{\text{eff}}$. O

5 loop de controle automatizado pode também aceitar sinais de entrada referentes a DO_{in} . O loop de controle automatizado pode também aceitar sinais de entrada referente a Q. A substância química de alimentação pode ser provida como parte do fluxo influente. A substância química de alimentação pode incluir qualquer fonte de carbono, incluindo, mas não limitada a ácido

10 acético, açúcares, metanol, etanol, e similares. O loop de controle automatizado pode ser configurado para aceitar sinais de entrada em um intervalo de tempo predeterminado TI.

Em ainda outro aspecto da invenção, é provido um método de automaticamente controlar uma taxa na qual é provida uma substância química de alimentação aos micróbios abrigados em uma camada de filtração.

15 O método compreende as etapas de: (i) determinar uma taxa de fluxo influente (opcionalmente representada em milhões de galões por dia) Q, uma concentração de oxigênio dissolvido influente (opcionalmente representada em mg/litro) DO_{in} , uma concentração de nitrato influente (opcionalmente representada em mg/litro) $\text{NO}_3\text{-N}_{\text{in}}$, e uma concentração de nitrito influente (opcionalmente representada em mg/litro) $\text{NO}_2\text{-N}_{\text{in}}$; (ii) determinar uma exigência de substância química de alimentação FCR, com base, em parte, nos valores para Q, DO_{in} , $\text{NO}_3\text{-N}_{\text{in}}$, e $\text{NO}_2\text{-N}_{\text{in}}$, obtidos da etapa (i); (iii) opcionalmente determinar uma concentração de nitrato efluente (opcionalmente representada em mg/litro) $\text{NO}_3\text{-N}_{\text{eff}}$, e uma concentração de nitrito efluente (opcionalmente representada em mg/litro) $\text{NO}_2\text{-N}_{\text{eff}}$; (iv) opcionalmente determinar uma exigência de substância química de alimentação ajustada AF-CR, com base, em parte, nos valores para $\text{NO}_3\text{-N}_{\text{eff}}$ e $\text{NO}_2\text{-N}_{\text{eff}}$, obtidos da etapa (iii) (isto é, $\text{NO}_x\text{-N}_{\text{eff}}$), e ERR, que é a diferença entre $\text{NO}_x\text{-N}_{\text{eff}}$ medidos

25 (que, por sua vez, é a soma de $\text{NO}_3\text{-N}_{\text{eff}}$ e $\text{NO}_2\text{-N}_{\text{eff}}$) e o ponto de ajuste $\text{NO}_x\text{-N}_{\text{eff}}$; e (v) de repetir as etapas (i), (ii), (iii) e (iv) em um intervalo de tempo predeterminado TI.

30

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A figura 1 é um diagrama de bloco de um sistema de desnitrificação de acordo com uma concretização preferida da invenção.

5 A figura 2 é um fluxograma que ilustra um método para calcular uma dosagem de metanol a ser provida a um sistema de desnitrificação, de acordo com uma concretização preferida da invenção.

A figura 3 é um gráfico de cor/sombreado das variações diurnas encontradas para concentrações influentes de nitrato influente, fosfato influente e oxigênio dissolvido influente.

10 DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A presente invenção é dirigida a um sistema e a um método para executar a desnitrificação de um fluxo de líquido, tipicamente águas servidas. Diferente dos sistemas de desnitrificação convencionais, que contam exclusivamente com a medição de concentrações influentes e efluentes de nitratos para ajudar em um cálculo de uma dosagem de uma substância química de alimentação, tipicamente metanol, e que exigem que um operador experiente determine fatores "ajustáveis" e de "sensibilidade" para "improvisar" valores de dosagem de substância química de alimentação, a presente invenção também inclui as vantagens de medir concentrações influentes e efluentes de nitritos, bem como a concentração influente de oxigênio dissolvido a fim de determinar uma dosagem mais precisa de metanol a ser usado no processo de tratamento de águas servidas. Conseqüentemente, nenhum fator controlado por operador é exigido, conforme discutido adicionalmente aqui. A invenção também abrange um sistema no qual as medições efluentes são meramente opcionais, reduzindo assim a complexidade e o custo do sistema.

Com referência à figura 1, é mostrado um diagrama de bloco de um sistema de desnitrificação 100 de acordo com uma concretização preferida da invenção. O sistema 100 aceita um fluxo influente 105 de um líquido a ser tratado, tipicamente águas servidas. O fluxo influente 105 primeiramente encontra um medidor de fluxo influente 110, que mede uma taxa de fluxo de líquido, e gera um sinal de taxa de fluxo correspondendo à medição. O

fluxo influente 105 continua então para um analisador de concentração influente 115. O analisador 115, que pode compreender dois ou mais dispositivos, mede as concentrações de nitratos, nitritos, e oxigênio dissolvido dentro do fluxo influente, e gera sinais correspondendo a cada destas concentrações influentes. Estes sinais podem ser então combinados, juntamente com o sinal de taxa de fluxo, para prover um sinal de controle. Depois, o fluxo influente 105 continua para o processo de tratamento 120. O processo de tratamento 120 trata as águas servidas.

O processo de tratamento 120 pode incluir um sistema de filtro. Por exemplo, um sistema de filtro de areia pode ser usado para filtrar materiais sólidos das águas servidas. Em uma concretização preferida, um ou múltiplos sistemas de filtro de areia de fluxo ascendente de contracorrente contínuos podem ser usados dentro do processo de tratamento 120. Vide, as Patentes Norte-americanas Nos. 4.126.546, 4.197.201 e 4.246.102, por exemplo, de sistemas de filtração de areia adequados. As descrições destas patentes são incorporadas aqui para referência.

Um aspecto do processo de tratamento 120 é uma desnitrificação das águas servidas. A desnitrificação é realizada pela provisão de uma substância química de alimentação, tipicamente metanol, às águas servidas. Conforme descrito acima, os micróbios abrigados na camada de filtração consomem o metanol juntamente com os nitratos e nitritos que estão presentes nas águas servidas para produzir nitrogênio gasoso, que é então dissipado naturalmente na atmosfera ambiente. Desta maneira, é eliminada uma quantidade substancial do conteúdo de nitrogênio nas águas servidas; daí, o termo "desnitrificação".

Em uma concretização preferida da invenção, o metanol é escolhido como a substância química de alimentação por causa de sua disponibilidade e de seu custo com relação a outras substâncias químicas de alimentação sintéticos. Sua presença no efluente a jusante tem, contudo, que ser mantida em um mínimo. Desse modo, a presente invenção procura prover uma determinação mais precisa da quantidade de metanol exigida para realizar os níveis desejados de desnitrificação, sem, contudo, prover um exces-

so de metanol, cuja presença no efluente poderia ser problemática.

É sabido que o metanol introduzido no sistema de desnitrificação primeiramente consome o oxigênio dissolvido presente no influente, de acordo com a equação: $3\text{O}_2 + 2\text{CH}_3\text{OH} = 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$. Subseqüentemente, é realizada a redução de nitrato e nitrito. Cada transformação pode ser descrita pelas seguintes equações estequiométricas: $6\text{NO}_3^- + 5\text{CH}_3\text{OH} = 3\text{N}_2 + 5\text{CO}_2 + 7\text{H}_2\text{O} + 6\text{OH}^-$ e $2\text{NO}_2^- + \text{CH}_3\text{OH} = \text{N}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{OH}^-$. O gás de nitrogênio produzido é dissipado na atmosfera. Conseqüentemente, a quantidade estequiométrica de metanol exigida para a completa desnitrificação é provida pela equação: $\text{CH}_3\text{OH} = 0,7\text{DO} + 2,0\text{NO}_3\text{-N} + 1,1\text{NO}_2\text{-N}$, na qual o metanol, o oxigênio dissolvido influente, o nitrato influente e o nitrito influente são representados em mg/L. Valores efetivos para X, Y e Z podem ser escolhidos no início, mas podem ser posteriormente alterados, caso desejado. Valores efetivos devem ter provavelmente uma certa porcentagem mais que as necessidades estequiométricas.

Depois da conclusão do processo de tratamento 120, as águas servidas tratadas encontram então um analisador de concentração efluente opcional 125. O analisador 125 opcionalmente mede as concentrações de nitratos e nitritos presentes no fluxo efluente 130, que então emana do sistema de filtração. O analisador 125 pode também gerar sinais que respectivamente correspondem às concentrações de nitrato e nitrito efluentes.

Um aspecto crítico do sistema de desnitrificação 100 é a determinação da quantidade da dosagem de metanol a ser alimentada no processo de tratamento 120. A fim de otimizar a eficiência do sistema, a quantidade calculada deve ser tão precisa quanto possível. A presente invenção apresenta uma imprecisão aperfeiçoada pela medição de múltiplos componentes de análise, o que provê um quadro mais completo da quantidade de substância química de alimentação exigida.

Com referência à figura 2, um fluxograma 200 ilustra uma metodologia para calcular uma quantidade de metanol a ser alimentada no processo de tratamento 120. Primeiro, na etapa 205, a taxa de fluxo influente é medida com o uso do medidor de fluxo influente 110. Um sinal de taxa de

fluxo é gerado a partir desta primeira medição, podendo ser representado pela variável Q, e tipicamente representado em milhões de galões por dia. Na segunda etapa 210, são tomadas medições para as concentrações influentes de nitratos, nitritos, e oxigênio dissolvido, sendo gerados assim sinais correspondentes. Estes sinais são tipicamente representados em unidades de miligramas por litro (mg/L), podendo ser representados pelas seguintes variáveis: pela concentração influente de oxigênio dissolvido = DO_{in} ; pela concentração influente de nitratos = NO_3-N_{in} ; e pela concentração influente de nitritos = NO_2-N_{in} .

Depois, na etapa 215, os sinais gerados são usados para calcular um valor nominal da exigência de substância química de alimentação (FCR), de acordo com a Equação 1 abaixo:

$$FCR = Q[X \cdot DO_{in} + (Y \cdot NO_3-N_{in}) + (Z \cdot NO_2-N_{in})] \quad (1)$$

onde X, Y e Z são fatores sem unidade predeterminados que tipicamente ficam dentro da faixa de 0,7 a 3,0. Conforme discutido acima, a quantidade estequiométrica de metanol necessária para a completa desnitrificação exige que $X = 0,7$, $Y = 2,0$ e $Z = 1,1$. Estes são os valores mínimos. Entretanto, é tipicamente exigido um excesso de metanol para concluir a reação estequiométrica. Conseqüentemente, pode ser desejado um excesso de metanol, de até 50% mais que as exigências estequiométricas. Tipicamente, poderia ser desejado um excesso de 10-30%, preferivelmente um excesso de 15-20%. Em uma concretização da invenção, portanto, $X = 0,9$, $Y = 2,5$ e $Z = 1,5$. Em ainda outra concretização da invenção $X = 0,8$, $Y = 2,3$ e $Z = 1,4$. O valor de FCR pode ser convertido em unidades de libras por dia pela multiplicação do valor inicial pelo fator de conversão 8,34.

Na etapa 220, são tomadas medições opcionais do fluxo efluente das concentrações de nitratos e nitritos. Novamente, são gerados sinais que correspondem a estas medições. Estes sinais podem ser representados pelas seguintes variáveis: pela concentração efluente de nitratos = NO_3-N_{eff} ; pela concentração efluente de nitritos = NO_2-N_{eff} ; e pela concentração efluente total de nitratos e nitritos = $NO_3-N_{eff} + NO_2-N_{eff} = NO_x N_{eff}$. Estes sinais

(isto é, $\text{NO}_x\text{-N}_{\text{eff}}$) são então usados para calcular um ajuste opcional com relação ao valor FCR nominal na etapa 225. Todo o método de acordo com o fluxograma 200 é então repetido continuamente de modo que o valor de metanol seja continuamente atualizado em conjunção com o fluxo influente contínuo.

Em uma concretização preferida da invenção, o ajuste para o valor FCR é determinado através do uso de um processo de realimentação opcional que usa um loop proporcional-integral (PI). O ajuste A inclui um componente proporcional AP e um componente integral AI; conseqüentemente, $A = AP + AI$. O componente proporcional AP é definido pela Equação 2 abaixo:

$$AP = \text{GAIN} * \text{ERR} \quad (2)$$

onde GAIN = a magnitude desejada de reação como uma função do erro percebido, e ERR = desvio do sistema = a diferença entre o ponto de ajuste efluente e o valor do processo. O ponto de ajuste efluente é o valor esperado da concentração efluente total de nitratos e nitritos, e o valor do processo é o valor efetivo total medido da concentração efluente de nitratos e nitritos. Tipicamente, o ponto de ajuste efluente cai dentro de uma faixa de 0,25 mg/L a 10,0 mg/L. Assim, por exemplo, se em um determinado tempo o ponto de ajuste efluente for de 0,5 mg/L, a efetiva concentração efluente medida de nitratos será de 0,5 mg/L, e a efetiva concentração efluente medida de nitritos será de 0,4 mg/L, então, a concentração efluente total de nitratos e nitritos será de 0,5 mg/L + 0,4 mg/L = 0,9 mg/L, e, portanto, $\text{ERR} = 0,9 \text{ mg/L} - 0,5 \text{ mg/L} = 0,4 \text{ mg/L}$. Um valor típico para GAIN poderia ser 0,2. Desse modo, neste exemplo, $AP = 0,2 * 0,4 = 0,08$.

O componente integral do ajuste AI é definido de acordo com a Equação 3 abaixo:

$$AI_{(new)} = AI_{(old)} + \text{GAIN} * \frac{dl}{TI} * \frac{\text{ERR}_{(new)} + \text{ERR}_{(old)}}{2} \quad (3)$$

TI = Intervalo de Tempo ou Tempo de Restabelecimento = um intervalo de tempo predeterminado entre medições sucessivas. Por exemplo, TI pode ser ajustado igual a 400 segundos. dl = Tempo de Varredura Corrente = uma

função do sistema interno que trilha o tempo exigido para executar a função a partir do momento em que o sistema recebe todas as variáveis do processo. O Tempo de Varredura Corrente dl é a soma de TI e do efetivo tempo de computação, que é tipicamente na ordem de milissegundos, por exemplo, de

5 aproximadamente 20 ms. Desse modo, neste exemplo, $dl = 400 \text{ s} + 20 \text{ ms} = 400,020 \text{ s}$. Por isso, o quociente dl/TI geralmente é aproximadamente igual a 1, mas sempre é ligeiramente maior do que 1, nunca exatamente igual a 1. Os subscrito "new" e "old" se referem a cálculos atuais e anteriores, respectivamente. Desse modo, se um valor do componente integral AI estiver sendo

10 presentemente calculado, isto é, $AI_{(new)}$, então $AI_{(old)}$ irá se referir ao valor de AI que foi calculado 400 segundos atrás.

Valores iniciais de $AI_{(old)}$ e $ERR_{(old)}$ são geralmente ajustados em zero. Assim, se todos os valores do exemplo acima forem inseridos na Equação 3, será obtido o seguinte resultado: $AI_{(new)} = 0 + 0,2 * (400,020/400) * [(0,5) * (0,4 \text{ mg/L} +)] = 0,040002 \text{ mg/L} =$

15 aproximadamente 0,04 mg/L. Desse modo, o ajuste total $A = AP + AI = 0,08 + 0,04 = 0,12$.

O valor de ajuste total A pode ser limitado a fim de assegurar que os ajustes não excedam um ajuste máximo predeterminado. Por exemplo, se uma medição específica significativamente desviasse da tendência

20 das medições anteriores, ela poderia ser considerada uma medição estranha ou uma medição errônea. A limitação da quantidade máxima de qualquer ajuste determinado responde por tal medição estranha. Na etapa 225, com a utilização da Equação 5, a $AFCR$ é calculada para ser $AFCR = FCR * (1 + 0,12)$ ou um aumento de 12% sobre a FCR .

25 De volta agora à figura 3, a atenção do leitor é dirigida a um resultado inesperado muito surpreendente de medição de nitratos influentes (blocos vermelhos/cinzas), de fosfatos influentes (diamantes azuis marinhos/pretos) e de oxigênio dissolvido influente (blocos azul claro/cinza claro) sobre um período de vinte e quatro horas. Conforme mostrado na figura, a

30 concentração (em mg/L) de nitrato influente diminui de um valor inicial médio de cerca de 5,0 mg/L para um valor de meio-dia médio inferior de cerca de 4,0 mg/L antes de ser elevado novamente algumas horas antes da meia-

noite para um valor médio alto de cerca de 5,5 mg/L. Muito inesperadamente, o oxigênio dissolvido influente é constantemente elevado para atingir um valor de meio-dia máximo de cerca de 2,7 mg/L antes de cair bruscamente sobre as próximas cinco horas. Desse modo, as concentrações de nitratos influentes e oxigênio dissolvido influente percorreram em direções opostas. Um operador que mede a concentração de nitratos influentes apenas, mesmo recorrendo a fatores "ajustáveis" ou de "sensibilidade", não poderia responder por uma elevação inesperada no oxigênio dissolvido influente e, portanto, teria mais do que provavelmente subestimado a quantidade adequada de metanol exigida para atingir o nível desejado de desnitrificação.

Enquanto a presente invenção foi descrita com relação ao que é atualmente considerado como sendo a concretização preferida, deve ser entendido que a invenção não é limitada às concretizações descritas. Ao contrário, a invenção se destina a cobrir várias modificações e disposições equivalentes incluídas dentro do espírito e escopo das reivindicações anexas. O escopo das seguintes reivindicações deve estar de acordo com a interpretação mais ampla de modo a abranger todas estas modificações e estruturas e funções equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de desnitrificação aquoso para um sistema de tratamento de águas servidas que apresenta fluxos aquosos influentes e efluentes, uma camada de filtração que abriga os micróbios, e loops de controle de alimentação e realimentação, o processo compreendendo:

a determinação de um fluxo influente (opcionalmente representado em milhões de galões por dia) Q , de uma concentração de oxigênio dissolvido influente (opcionalmente representada em mg/litro) DO_{in} , de uma concentração de nitrato influente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_3-N_{in} , e de uma concentração de nitrito influente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_2-N_{in} ;

a utilização de uma relação de loop de controle de alimentação (1) para determinar uma exigência de substância química de alimentação FCR,

$$FCR = Q[(X \cdot DO_{in}) + (Y \cdot NO_3-N_{in}) + (Z \cdot NO_2-N_{in})] \quad (1)$$

na qual X, Y e Z são fatores sem unidades predeterminados que variam de cerca de 0,7 a cerca de 3,0;

a determinação de uma concentração de nitrato efluente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_3-N_{eff} e de uma concentração de nitrito efluente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_2-N_{eff} , e

a utilização de relações de loop de controle de realimentação (2), (3) e (4) para determinar uma exigência de substância química de alimentação ajustada AFCR com a utilização da relação (5),

$$AP = GAIN * ERR \quad (2)$$

$$AI_{(new)} = AI_{(old)} + GAIN * \frac{dl}{TI} * \frac{ERR_{(new)} + ERR_{(old)}}{2} \quad (3)$$

$$A = AP + AI \quad (4)$$

$$AFCR = FCR * (1 + A) \quad (5)$$

nas quais GAIN é um coeficiente de ação sem unidade predeterminado,

ERR é a diferença entre $\text{NO}_x\text{-N}_{\text{eff}}$ medidos (que é a soma de $\text{NO}_3\text{-N}_{\text{eff}}$ e $\text{NO}_2\text{-N}_{\text{eff}}$) e o ponto de ajuste $\text{NO}_x\text{-N}_{\text{eff}}$ dl é a soma do tempo de processamento do microprocessador (opcionalmente representado em segundos) e um intervalo de tempo TI (opcionalmente representado em segundos), entre as
 5 medições, e referências a "new" e "old" refere-se a uma medição atual e uma medição anterior.

2. Processo de desnitrificação aquoso, de acordo com a reivindicação 1, no qual a FCR é representada em libras por dia pela multiplicação do valor para FCR obtido através da relação (1) por um fator de conversão,
 10 que é de 8,34.

3. Processo de desnitrificação aquoso, de acordo com a reivindicação 1, no qual os valores de X, Y e Z são ajustados em valores estequiométricos.

4. Processo de desnitrificação aquoso, de acordo com a reivindicação 1, no qual os valores de X, Y e Z são ajustados 15% acima dos valores estequiométricos.
 15

5. Processo de desnitrificação aquoso, de acordo com a reivindicação 1, no qual os valores de X, Y e Z são ajustados 30% acima dos valores estequiométricos.

6. Processo de desnitrificação aquoso, de acordo com a reivindicação 1, no qual o GAIN é ajustado em 0,2.
 20

7. Processo de desnitrificação aquoso, de acordo com a reivindicação 1, no qual o TI é ajustado em 400 segundos.

8. Processo de desnitrificação aquoso, de acordo com a reivindicação 1, no qual o ponto de ajuste $\text{NO}_x\text{-N}_{\text{eff}}$ fica dentro da faixa de 0,25 mg/litro para 10,0 mg/litro.
 25

9. Processo de desnitrificação aquoso, de acordo com a reivindicação 1, no qual o quociente dl/TI é aproximadamente igual a 1.

10. Processo de desnitrificação aquoso, de acordo com a reivindicação 1, no qual os valores para $\text{AI}_{(\text{old})}$ e $\text{ERR}_{(\text{old})}$ na medição inicial são ajustados em 0.
 30

11. Sistema de desnitrificação de águas servidas que compre-

ende:

um medidor de fluxo influente para medir um fluxo influente (opcionalmente representado em milhões de galões por dia) Q ;

um analisador de concentração influente para medir uma concentração de oxigênio dissolvido influente (opcionalmente representada em mg/litro) DO_{in} , uma concentração de nitrato influente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_3-N_{in} , e uma concentração de nitrito influente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_2-N_{in} ;

um analisador de concentração efluente opcional para medir uma concentração de nitrato efluente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_3-N_{eff} e uma concentração de nitrito efluente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_2-N_{eff} , e

um controlador de substância química de alimentação para prover uma substância química de alimentação em uma taxa controlada, cujo controlador de substância química de alimentação é responsivo a um ou mais sinais de saída providos por um loop de controle automatizado que aceita os sinais de entrada do analisador de concentração influente e opcionalmente do analisador de concentração efluente, no qual os sinais de entrada referem-se a pelo menos NO_3-N_{in} , NO_2-N_{in} , NO_3-N_{eff} e NO_2-N_{eff} .

20 12. Sistema de desnitrificação de águas servidas, de acordo com a reivindicação 11, no qual o loop de controle automatizado aceita sinais de entrada que adicionalmente se referem a DO_{in} .

25 13. Sistema de desnitrificação de águas servidas, de acordo com a reivindicação 11, no qual o loop de controle automatizado aceita sinais de entrada que se referem a Q .

 14. Sistema de desnitrificação de águas servidas, de acordo com a reivindicação 11, no qual a substância química de alimentação é provida como parte do fluxo influente.

30 15. Sistema de desnitrificação de águas servidas, de acordo com a reivindicação 11, no qual a substância química de alimentação é metanol.

 16. Sistema de desnitrificação de águas servidas, de acordo com a reivindicação 11, no qual o loop de controle automatizado aceita sinais de

entrada em um intervalo de tempo predeterminado TI.

17. Método de automaticamente controlar uma taxa na qual uma substância química é provida para micróbios abrigados em uma camada de filtração, que compreende:

- 5 (i) a determinação de uma taxa de fluxo influente (opcionalmente representada em milhões de galões por dia) Q, de uma concentração de oxigênio dissolvido influente (opcionalmente representada em mg/litro DO_{in} , de uma concentração de nitrato influente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_3-N_{in} , e de uma concentração de nitrito influente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_2-N_{in} ;
- 10 (ii) a determinação de uma exigência de substância química de alimentação FCR, com base, em parte, nos valores para Q, DO_{in} , NO_3-N_{in} e NO_2-N_{in} , obtidos da etapa (i);
- (iii) a determinação de uma concentração de nitrato efluente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_3-N_{eff} e de uma concentração de nitrito efluente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_2-N_{eff} ;
- 15 (iv) a determinação de uma exigência de substância química de alimentação ajustada AFCR, com base, em parte, nos valores para NO_3-N_{eff} e NO_2-N_{eff} , obtidos da etapa (iii), e ERR, que é a diferença entre NO_x-N_{eff} medido (que, por sua vez, é a soma de NO_3-N_{eff} e NO_2-N_{eff}) e o ponto de ajuste NO_x-N_{eff} ; e
- 20 (v) a repetição das etapas (i), (ii), (iii) e (iv) em um intervalo de tempo predeterminado TI.

25 18. Método de automaticamente controlar uma taxa na qual uma substância química de alimentação é provida para micróbios abrigados em uma camada de filtração, que compreende:

- 30 (i) a determinação de uma taxa de fluxo influente (opcionalmente representada em milhões de galões por dia) Q, de uma concentração de oxigênio dissolvido influente (opcionalmente representada em mg/litro) DO_{in} , de uma concentração de nitrato influente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_3-N_{in} , e de uma concentração de nitrito influente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_2-N_{in} ; e

(ii) a determinação de uma exigência de substância química de alimentação FCR, com base, em parte, nos valores para Q , DO_{in} , NO_3-N_{in} e NO_2-N_{in} .

5 19. Método, de acordo com a reivindicação 18, que adicionalmente compreende:

(iii) a determinação de uma concentração de nitrato efluente (opcionalmente representada em mg/litro NO_3-N_{eff} , e de uma concentração de nitrito efluente (opcionalmente representada em mg/litro) NO_2-N_{eff} ; e

10 (iv) a determinação opcional de uma exigência de substância química de alimentação ajustada AFCR, com base, em parte, nos valores para NO_3-N_{eff} e NO_2-N_{eff} .

20. Método, de acordo com a reivindicação 19, no qual a determinação da exigência de substância química de alimentação ajustada AFCR se baseia adicionalmente, em parte, em ERR, que é a diferença entre NO_x-N_{eff} medidos e o ponto de ajuste NO_x-N_{eff} ; e

15 (v) a repetição das etapas (i), (ii), (iii) e (iv) em um intervalo de tempo predeterminado TI.

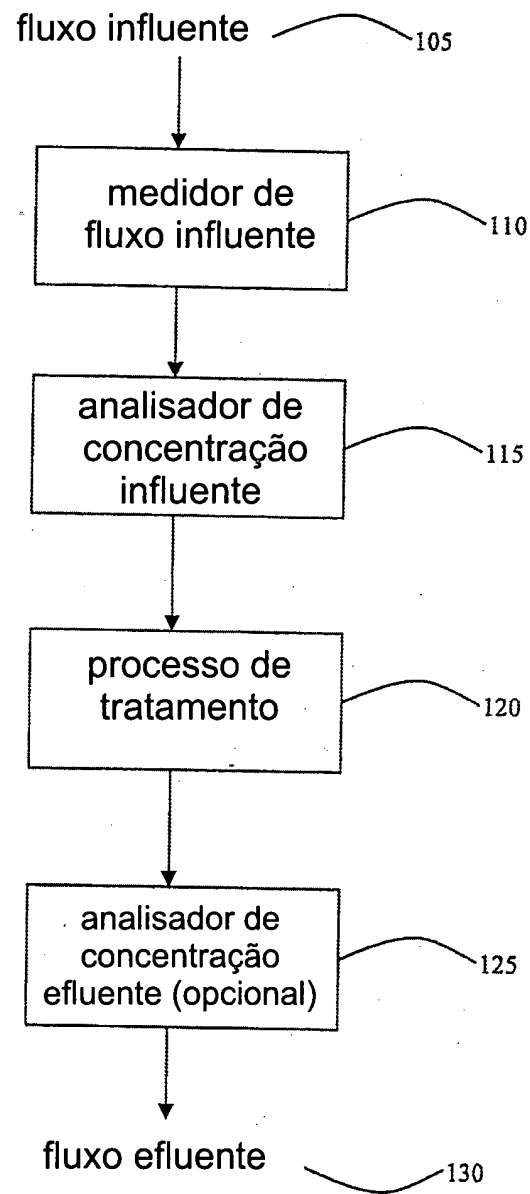
100

FIG.1

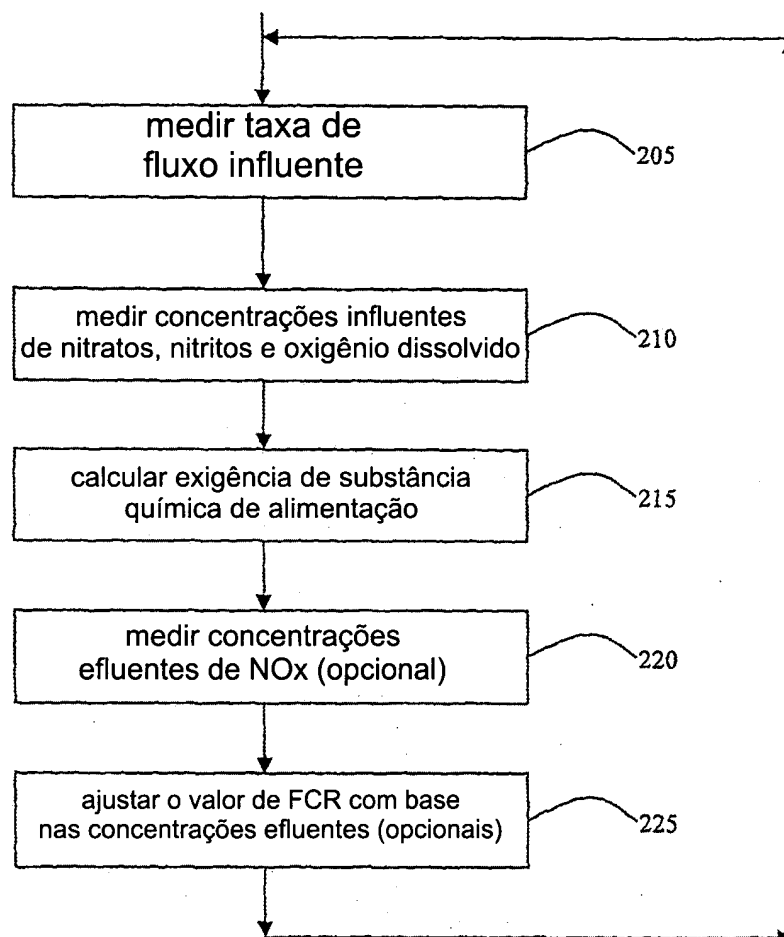
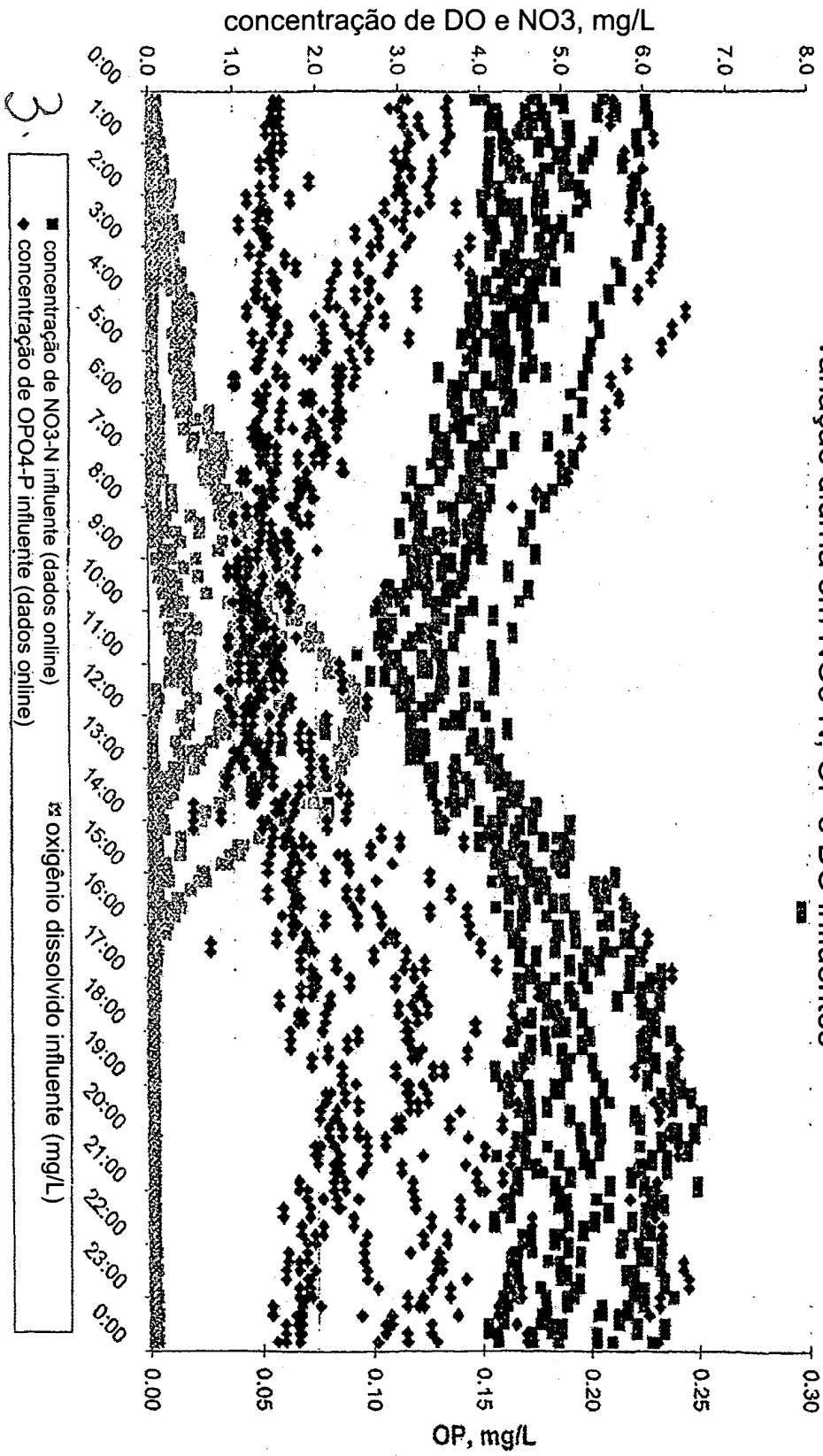
200

FIG.2

FIG.3

variação diurna em NO₃-N, OP e DO influentes

RESUMO

Patente de Invenção: "**PROCESSO E SISTEMA DE DESNITRIFICAÇÃO**".

A presente invenção refere-se a processo e sistema para desnitrificação de águas servidas. O processo inclui as etapas de medir uma taxa de fluxo influente, de medir as concentrações influentes de nitratos, nitritos, e oxigênio dissolvido nas águas servidas, e de usar as concentrações influentes para determinar uma quantidade nominal de metanol a ser provida para desnitrificação. A invenção também contempla a medição de concentrações efluentes de nitratos e nitritos (isto é, NO_3) e o uso opcional de concentrações efluentes para ajustar a quantidade nominal de metanol que é provida.