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

(11) BR 112016005238-2 B1

(22) Data do Depósito: 11/09/2014

(45) Data de Concessão: 16/11/2021

(54) Título: PROCESSO PARA TRATAMENTO DE LAMA ORGÂNICA POR DIGESTÃO ANAERÓBICA, E, INSTALAÇÃO PARA DIGESTÃO ANAERÓBICA DE LAMA ORGÂNICA

(51) Int.Cl.: C02F 3/00; C02F 3/28.

(30) Prioridade Unionista: 11/09/2013 EP 13183965.6.

(73) Titular(es): HASKONINGDHV NEDERLAND B.V..

(72) Inventor(es): EDDIE KOORNNEEF.

(86) Pedido PCT: PCT NL2014050621 de 11/09/2014

(87) Publicação PCT: WO 2015/037989 de 19/03/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 09/03/2016

(57) Resumo: PROCESSO PARA TRATAMENTO DE LAMA ORGÂNICA POR DIGESTÃO ANAERÓBICA, E, INSTALAÇÃO PARA DIGESTÃO ANAERÓBICA DE LAMA ORGÂNICA. Lama que se origina de, por exemplo, estações de tratamento de águas residuais, fluxos de resíduos de estrume ou de biomassa pode ser tratada periodicamente por digestão anaeróbica em pelo menos três reatores anaeróbicos, em que a maior parte do fluxo de lama afluente é alimentada por um primeiro reator, a maior parte do líquido efluente do primeiro reator é alimentada por um segundo reator, a maior parte do líquido efluente do segundo reator é alimentada por um último reator, e a maior parte do líquido efluente do último reator é descartada e/ou tratada ainda de forma, e em que uma parte variável controlada do efluente do último reator é alimentada pelo primeiro reator, e uma parte variável controlada do fluxo de lama afluente é alimentada pelo segundo reator; o nível (volume por unidade de tempo) das partes variáveis sendo controlado por meio do pH e/ou valores de redox nos reatores possivelmente combinados com o fluxo e/ou valores de composição do gás produzido nos reatores.

PROCESSO PARA TRATAMENTO DE LAMA ORGÂNICA POR DIGESTÃO ANAERÓBICA, E, INSTALAÇÃO PARA DIGESTÃO ANAERÓBICA DE LAMA ORGÂNICA

[001] A invenção se refere a um processo de tratamento de substâncias orgânicas, como lama de tratamento de águas residuais, estrume, etc., por digestão anaeróbica.

HISTÓRICO

[002] Fluxos de resíduos orgânicos ou de lama, como lama de tratamento de águas residuais, fluxos de resíduos de biomassa, fluxos de resíduos da indústria alimentícia e similares, são comumente tratados por digestão anaeróbica de modo a reduzir o conteúdo de matéria orgânica e produzir biogás. Conforme aqui utilizado, “lama” é compreendido por significar qualquer pasta aquosa ou suspensão de material orgânico, geralmente considerado como resíduo, em um meio aquoso, tendo um conteúdo de sólidos secos entre 2 e 12% por peso, preferencialmente entre 3 e 9% por peso. Estas lamas bastante grossas são difíceis de digerir em reatores convencionais para digestão anaeróbica. O metano (no biogás) pode ser utilizado como um combustível para a entrada de energia nos processos (digestão) na estação de tratamento de águas residuais (WWTP), ou vendido externamente.

[003] O processo de digestão anaeróbica possui quarto estágios principais catalizados por enzimas: (1) hidrólise por enzimas hidrolíticas excretadas pelos microorganismos, resultando na quebra de estruturas poliméricas e glicerídicas, em particular de proteínas e polissacarídeos, e gorduras, respectivamente, em pequenos peptídeos, e aminoácidos, açúcares monoméricos, como glicose,

e ácidos graxos; (2) acidogênese, resultando em conversão dos produtos de hidrólise a ácidos graxos, ácido lático, alcoóis (etanol, metanol) menores e outros; (3) acetogênese, resultando na conversão dos ácidos graxos e alcoóis menores em dióxido de carbono, hidrogênio e ácido acético; e (4) metanogênese, resultando na conversão de hidrogênio, ácio propiônico e ácido acético em metano e dióxido de carbono. Os últimos três estágios ocorrem dentro das células das bactérias correspondentes. O primeiro estágio, hidrólise, é geralmente a etapa limitante de taxa do processo de ruptura.

[004] A digestão anaeróbica é convencionalmente realizada em reatores tanque agitados completos (CSTR). O formato e disposição dos reatores, bem como as características de processo adicional, bem como gerenciamento de fluxo, mistura, tempo de residência, podem variar amplamente. O processo pode ser mesofílico, ou seja, a temperaturas entre 25 e 45°C, normalmente em torno de 36°C, ou termofílico, a temperaturas entre 45 e 60°C ou mesmo superiores e normalmente em torno de 55°C.

[005] Uma desvantagem da realização de digestão anaeróbica em CSTR é que uma parte da biomassa que deve ser digerida não está envolvida em todo o processo e deixa o reator sem tratamento. Além disso, os quarto estágios de digestão anaeróbica, da hidrólise à metanogênese, são realizados simultaneamente, resultando em condições subideiais de processo para a maioria dos, se não todos, estágios do processo. Além disso, os tempos de retenção de lama (SRT) e tempos de retenção hidráulica (HRT) são necessariamente iguais em CSTR e, como resultado, o tratamento ideal de toda a lama geralmente não é viável.

[006] As tentativas de supercar as desvantagens do tratamento com CSTR para digestão anaeróbica focaram principalmente no tratamento de fluxo de tampão, ou combinações de tratamento de fluxo de tampão e CSTR. Apesar destas disposições poderem resultar em taxas maior eficiência ou taxas de conversão, exigem um custo de equipamento relativamente caro, devido às proporções elevadas de altura/profundidade (H/D).

[007] WO 03/006387 (= US 2004/0172878) revela uma instalação para conversão anaeróbica de biomassa ‘seca’ em biogás, em que a hidrólise e a fermentação de metano são separadas e a fermentação é realizada em dois tanques de fermentação, o primeiro operado em temperaturas mesofílicas e o segundo em temperaturas termofílicas. O fluxo de reciclagem deste documento está relacionado ao vazamento de água das transportadoras e pressão da água do bagaço; nenhuma lama é reciclada. WO 2011/112736 revela uma instalação para produção de biogás a partir da biomassa no(s) reator(es) CSTR anaeróbico. O potencial de redução de oxidação (ORP), pH, temperatura e produção de gás no reator são monitorados e usados para controlar a quantidade de biomassa alimentada ao reator, e o tempo de retenção de biomassa dentro do reator é aumentado pela reciclagem de biomassa após a separação da fase líquida. Nenhum meio, além do armazenamento, para acomodar as oscilações no fluxo de entrada é sugerido. Nenhum documento prove otimização das diferentes etapas microbiológicas na ruptura de substratos orgânicos (complexos) para principalmente metano e dióxido de carbono. EP2345090 descreve uma combinação de medidores de pH e redox para controlar o tratamento aeróbico de águas residuais para

otimizar a remoção de nitrogênio e não visa controlar os diferentes estágios na formação de metano.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[008] Descobriu-se que a eficiência geral da digestão anaeróbica de lama, conforme definido acima, pode ser melhorada de forma significativa ao combinar as vantagens de um tratamento com CSTR e um processo de fluxo de tampão, ao realizar a digestão anaeróbica em uma série de pelo menos três reatores, permitindo os processos parciais da digestão anaeróbica (hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese) sejam realizados em condições mais ideais. As condições são otimizadas ainda ao combinar a disposição de reator aperfeiçoada com um controle de fluxos entre os reatores por meio de entrada de dados de reação (pH, redox) e fluxo (carga de lama, produção de gás).

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[009] Portanto, a invenção se refere a um processo e uma instalação para tratamento de lama por digestão anaeróbica. No processo da invenção, a lama é tratada periodicamente em pelo menos três reatores anaeróbicos que compreendem um primeiro, um segundo e um último reator, em que:

a maior parte do fluxo de lama afluente é alimentada pelo dito primeiro reator,

a maior parte do líquido efluente do dito primeiro reator é alimentada pelo dito segundo reator,

a maior parte do líquido efluente do dito segundo reator é alimentada pelo dito último reator, direta ou indiretamente, ou seja, opcionalmente através de um ou mais

reatores adicionais que podem estar localizados entre o segundo e último reatores, e

a maior parte do líquido efluente do dito último reator é descartada e/ou opcionalmente tratada ainda, e

em que a parte variável controlada do efluente do dito último reator é alimentada pelo dito primeiro reator, e

a parte variável controlada do fluxo de lama afluente é alimentada pelo dito segundo reator;

o nível das ditas partes variáveis que são controladas por meio de pH e/ou valores de redox em todos os reatores.

[010] O processo e a instalação da invenção compreende preferencialmente um terceiro reator entre o dito segundo reator e o dito último reator, em que a maior parte do líquido efluente do dito segundo reator é alimentada pelo dito último reator por meio do terceiro reator, ou seja, a maior parte do líquido efluente – em particular todo o líquido efluente – do segundo reator é alimentada pelo terceiro reator, e a maior parte do líquido efluente do terceiro reator é alimentada pelo último reator. Se desejado, um quinto e mesmo um sexto reator podem ser providos entre o terceiro e o último reatores; no entanto, estes reatores adicionais melhoram ainda apenas marginalmente a eficiência e/ou a taxa de conversão anaeróbica do conjunto de reatores.

[011] Apesar de todos os estágios da digestão anaeróbica poderem e serem realizados em cada um dos reatores, a hidrólise (estágio 1) ocorre predominantemente no primeiro reator e, até certo ponto, também no segundo e mesmo no terceiro reator. A acidogênese e acetogênese ocorrem em todos os reatores e dependem fortemente da produção de

intermediados formados pelo processo de hidrólise. A acidogênese e acetogênese também são fortemente interdependentes. A metanogênese ocorre em todos os reatores devido ao fato de o ácido acético ser formado em todos os estágios, e é o principal processo do último reator.

[012] O material orgânico ou a lama, conforme definido na parte introdutória acima, que é tratado no processo da invenção, pode, por exemplo, ser lama emitida de uma estação de tratamento de águas residuais (WWTP) (aeróbico ou anaeróbico), estrume, fluxos de resíduo de biomassa, fluxos de resíduos da indústria alimentícia e abatedouros, e similares. A lama pode compreender diversos polissacarídeos, como celulose, hemiceluloses, amidos, fibras de outras resinas, bem como açúcares, proteínas e gorduras, bem como níveis menores de outros materiais biológicos, como alcoóis, ácidos orgânicos, hidrocarbonetos, ligninas, etc., todos os quais são digeridos, pelo menos em certa medida, dependendo do grau de biodegradabilidade imediata.

[013] Aqui, o “líquido efluente” de um reator é compreendido por significar o líquido e qualquer material sólido ou semissólido suspenso ou boiando no líquido. Portanto, o líquido inclui a maior parte da lama (orgânica/biológica, ou seja, que compreende a bactéria e enzimas da flora anaeróbica) presente no líquido. A transferência deste material suspenso ou (semi)sólido de um reator para outro é importante na presente invenção. tal material suspenso ou sólido (lama) é distinguido do material sólido não digerível, que se instalará no reator, apesar de alguma mistura.

[014] Geralmente o material sólido introduzido no sistema de digestão anaeróbica, também da invenção, compreende tal material amplamente inorgânico e não digerível, como areia, material semelhante a argila e precipitados, que não será convertido no sistema reator. Esta parte pode variar de aproximadamente 10% a aproximadamente 40% dos sólidos secos totais do influente. A parte mais pesada do material inorgânico pode ser descartada de qualquer um dos reatores, preferencialmente pelo menos do primeiro reator, por decantação apropriada usando a densidade geralmente mais elevada deste material inorgânico. A parte não decantada do material inorgânico e os precipitados recém formados deixarão o último reator com o efluente e podem ser separados a jusante, se desejado.

[015] No processo e instalação da invenção, o material sólido que é formado durante a digestão anaeróbica, em particular estruvita (fosfato de magnésio de amônio), também pode ser coletado na parte inferior de um ou mais dos reatores, preferencialmente do segundo ao último reator (por exemplo, o terceiro de quatro). Se necessário, o magnésio, em níveis correspondentes à estequiometria da carga de f-ósforo da lama tratada, pode ser introduzido no(s) reator(es), para rendimento ideal de estruvita e, portanto, para recuperação ideal de fosfato. O magnésio pode ser adequadamente adicionado como seu sal, por exemplo, cloreto, hidróxido, óxido, acetato ou sulfato de magnésio. Ao reduzir a concentração de fosfato durante o processo de digestão pela formação de estruvita no próprio digestor, pode-se evitar a formação não planejada de estruvita após os digestores.

[016] Os reatores são providos de forma vantajosa com dispositivos de mistura controlável, permitindo a mistura da lama, mas também que a proporção de SRT para HRT seja controlada. Preferencialmente, pelo menos o primeiro e o segundo reatores são providos de tais dispositivos de mistura.

[017] Em uma realização vantajosa do processo e da instalação da invenção, pelo menos três reatores são compartimentos separados verticalmente de um único tanque. O único tanque pode ser eficazmente um tanque recipiente cilíndrico com três ou quarto, ou mesmo mais, compartimentos separados radialmente que constituem os diversos reatores, mas os demais formatos ou mesmo reatores separados para os diferentes compartimentos são perfeitamente possíveis. A altura dos reatores e do tanque não é crítica para a operação da digestão anaeróbica, embora será preferida geralmente uma altura mínima de 4 m. normalmente, as alturas estão entre 5 e 15 m por motivos práticos, preferencialmente entre 6 e 11 m. A altura reduzida sem qualquer redução de desempenho, em comparação aos digestores de fluxo de tampão existentes da técnica anterior, constitui uma vantagem importante da invenção. O diâmetro do tanque – para um tanque cilíndrico radialmente dividido – pode estar vantajosamente entre 10 e 25 m, preferencialmente entre 15 e 22 m, permitindo um conteúdo total eficaz do reator entre 750 e 4000 m^3, preferencialmente entre 1500 e 3000 m^3. No entanto, equipamentos menores e maiores serão, de forma essencial, igualmente eficazes.

[018] A “maior parte” (ou “uma” “maior parte”, que é o mesmo) de um efluente que é alimentado de um reator

para outro reator, conforme definido acima, é preferencialmente de pelo menos 85% (por volume do efluente total do reator relevante por unidade de tempo), preferencialmente de pelo menos 90%, mais preferencialmente de pelo menos 96%. A “maior parte” do efluente que é descartada do último reator (e/ou tratado ainda de forma opcional) é preferencialmente de pelo menos 50% (por volume de seu efluente total, inclusive qualquer reciclagem), mais preferencialmente de pelo menos 70%, em particular de pelo menos 85%, ainda mais em particular de pelo menos 90%. Em operação constante inalterada com características influentes constantes, as maiores partes pode ser 100% para alguns ou todos os efluentes, ou seja, sem reciclagem. A (“menor”) parte variável controlada que é alimentada de um reator a jusante a um reator mais a montante é, portanto, preferencialmente inferior a 15% (por volume), preferencialmente inferior a 10%. As partes variáveis controladas que são recicladas são preferencialmente misturadas, ou seja, contêm essencialmente os mesmos níveis de lama do conteúdo do reator do qual a parte é descartado; se necessário, o conteúdo do reator é misturado antes ou enquanto a parte variável é alimentada para um reator a montante; por outro lado, a reciclagem de parte do efluente de um reator a um reator mais a montante pode ser realizada sem mistura direta do conteúdo do reator, dependendo do material de alimentação, contanto que pelo menos uma parte do material semissólido (suspenso), inclusive a bactéria anaeróbica, seja realizada com o efluente reciclado. Onde faz-se referência aqui a volumes por tempo ou por dia, isto deve ser compreendido como volumes médios por unidade de

tempo no decorrer de um período de tempo, por exemplo, uma ou diversas horas ou dias, calculando assim a média das possíveis diferenças em curto que resultam dos eventos de reciclagem que são menos frequentes que os eventos de carregamento.

[019] A parte variável controlada do efluente do dito último reator que é alimentado ao dito primeiro reator é preferencialmente, de alguma forma, maior que os demais fluxos de reciclagem, em particular, é de pelo menos 2% no volume da dita maior parte do líquido efluente que é descartado e/ou tratado adicionalmente, por unidade de tempo, por exemplo, até 10%. Mais preferencialmente, por exemplo, a fim de permitir a acomodação de fluxos de alimentação mais exigentes e/ou mais oscilantes, a parte variável controlada que é alimentada do último reator ao primeiro reator (e, de forma opcional, parcialmente ao segundo) é entre 2 e 50% (por volume) da emissão de efluente total do último reator, ainda mais preferencialmente entre 5 e 30%, mais preferencialmente entre 10 e 20% do efluente total do último reator. Em termos de conteúdo total do reator, a taxa de reciclagem é preferencialmente entre 0 e 15% de volume do conteúdo total do reator por dia, mais preferencialmente 0,5-12,5% de volume por dia, mais preferencialmente entre 1,25 e 7,5% de volume ou mesmo entre 2,5 e 5% do volume por dia.

[020] Além disso, uma parte variável controlada do efluente do dito último reator pode ser alimentada ao dito segundo reator. Aquela parte será geralmente menor que a parte reciclada do ultimo ao primeiro reator, exceto se a acidez for muito elevado, não apenas no primeiro reator (pH muito baixo, por exemplo, abaixo 6,0, especialmente abaixo de

5.0), mas também no segundo reator (pH, por exemplo, abaixo de 6,5, especialmente abaixo de 6,0). A parte reciclado do ultimo ao segundo reator é preferencialmente entre 0 e 50% do volume total volume reciclado do último reator (ao primeiro e segundo reatores juntos), mais preferencialmente entre 0 e 25% disso, mais preferencialmente entre 0 e 10% disso, por unidade de tempo, por exemplo, por dia. Em termos de emissão de efluente total do último reator, a parte que é alimentada ao segundo reator é preferencialmente entre 0 e 30% (por volume), mais preferencialmente entre 0 e 10%, enquanto pode ser entre 5 e 30%, preferencialmente entre 10 e 25% no caso de acidez muito elevada do segundo reator. Em uma definição alternativa, a parte alimentada do ultimo ao segundo reator é preferencialmente entre 0 e 25% em volume, mais preferencialmente entre 0 a 10%, em volume da dita maior parte do líquido efluente que é descartado e/ou tratado adicionalmente, mais preferencialmente entre 0 e 4%. Mais preferencialmente essencial, 0% de volume por unidade de tempo (quer na base do efluente total, ou parte reciclada total ou não reciclada, ou no conteúdo do reator) é devolvido ao segundo reator, se todo o influente que é alimentado ao primeiro reator e se o pH no segundo reator não estiver diminuindo. Mas se o pH do segundo reator diminuir, o efluente do dito último reator pode ser alimentado ao dito segundo reator a um máximo de 25% em volume da reciclagem total.

[021] De forma alternativa ou adicional, uma parte variável controlada do efluente do dito segundo último reator (ou seja, o reator anterior ao último reator, que pode ser o segundo reator ou, preferencialmente, o terceiro

reator) pode ser alimentada ao primeiro reator. Esta parte controlada pode ser, por exemplo, entre 0 e 25% de volume, preferencialmente entre 0 e 10% de volume, preferencialmente entre 0 e 4% de volume do efluente do segundo ao último reator.

[022] Como exceção, a “maior parte” do fluxo de lama afluente que é alimentado ao primeiro reator pode ser tão baixo quanto 50%. A parte variável controlada do fluxo de lama afluente que é alimentada ao dito segundo reator varia amplamente com as propriedades de volume do fluxo de lama afluente. Por exemplo, se a lama influente já tiver sido submetida à hidrólise em certa medida ou possuir uma grande quantidade de material facilmente degradável (carga máxima), a parte controlada que é diretamente alimentada (“desviada”) ao segundo reator pode ser relativamente elevada, tão elevada quanto 50%. Preferencialmente, em condições mais estáveis, a maior parte que é alimentada ao primeiro reator e a parte variável controlada que é alimentada ao segundo reator são maiores que 75% e menores 25%, respectivamente. Preferencialmente, a parte variável controlada (“menor parte”) do influente que é alimentado ao segundo reator é o menor possível, dependendo da quantidade que pode ser inserida através do primeiro reator, a qual será controlada pela medição de pH e/ou redox.

[023] Uma importante característica do processo e da instalação da invenção é o controle de fluxo de um reator a outro, inclusive os desvios e reciclagens, que podem ser atingidas ao medir o potencial pH e/ou redox (potencial de redução de oxidação, ORP) em pelo menos o dois primeiros reatores, mas preferencialmente em todos os reatores. Além

disso, as taxas de fluxo de influente e efluente, em particular a taxa de fluxo de entrada de lama (por volume) e (bio)gás existente (por volume), podem ser usadas para controlar o fluxo das diversas reciclagens e desvios. Portanto, o nível das ditas partes variáveis que são alimentadas de um reator a outro, em particular do último reator ao primeiro e/ou segundo reator, bem como do influente ao segundo reator, desviando assim o primeiro reator, é controlado por meio dos valores de pH e/ou redox medidos no primeiro e segundo reator em combinação com a carga de influente medida para ser tratada e, preferencialmente, também com base na produção de gás medida dos reatores combinados, ou dos reatores individuais. Os dados de entrada de pH, redox e taxas de fluxo são introduzidos em um processador de dados, os quais, uma vez ajustados às características do conjunto de reator e aos tipos e quantidades de lama a ser tratada, traduzirão a entrada para aumentar ou reduzir de um ou mais das taxas de fluxo de desvio ou reciclagem por abertura (alargamento) ou fechamento (estreitamento) das respectivas válvulas ou ao controlar os diferentes fluxos de bomba.

[024] Como para o potencial de pH e redox, é comumente sabido que o E_h e o pH de uma solução são relacionados. Para uma equação de meia célula, convencionalmente redigida como redução (elétrons no lado esquerdo):

$$aA = bB + n[e^-] = h[H^+] = cC + dD$$

[025] O potencial padrão de meia célula E_0 é determinado por:

$$E_0(\text{volts}) = -\frac{\Delta G^\ominus}{nF}$$

em que $\Delta G^\ominus$ é a alteração padrão de energia livre de Gibbs, n é o número de elétrons envolvidos e *F* é a constante de Faraday. A equação de Nernst se refere ao pH e E_h:

$E_h = E_0 - 0{,}05916/n * \log ((\{A\}^a\{B\}^b)/ (\{C\}^c\{D\}^d)) - 0{,}05916h/n *$pH

em que os suportes anelados indicam atividades e os expoentes são mostrados de forma convencional. Esta equação é a equação de uma linha reta para E_h como uma função de pH com uma inclinação de - $0{,}05916h/n$ volt (pH não possui unidades). Esta equação prevê E_h menor em valores mais elevados de pH. Isto é observado para a redução de O_2 a OH^- e para a redução de H^+ para H_2.

[026] Uma variação normal para pH em reatores anaeróbicos (CSTR) encontra-se na variação de 6,0 – 8,0, onde um pH de 6,0 é baixo, aumentando o risco de acidificação do reator. Para evitar perda de atividade a valores de pH muito baixos, o fluxo de reciclagem é controlado para manter a instalação em condição ideal. Um problema de usar apenas o pH para monitorar o desempenho e controlar os fluxos é que os valores são influenciados pelo equilíbrio de carbonato em uma direção (alcalinidade da mistura da reação) e na direção oposta pelas concentrações de ácido graxo, que torna medição de pH isolada, não um valor muito confiável para controlar o processo de digestão. A medição de redox fornece uma indicação da quantidade total de íons oxidação e redução no meio e é menos dependente dos efeitos de nivelamento de poucos componentes. Dependendo do fluxo de influente e da

velocidade de degradação, um pH mais baixo (inferior a 6,5 ou ainda inferior a 6,0) pode ser mantido por algum tempo e/ou pelo segundo reator.

[027] O controle de pH da reciclagem e fluxos de desvios pode ser realizado, por exemplo, da seguinte forma: se o pH no primeiro reator não cair suficientemente em comparação ao pH do influente, ou seja, se estiver em torno de 7,3 ou acima e a reciclagem do último reator for baixa, isto pode indicar que a capacidade de digestão do primeiro reator é insuficiente, devido aos componentes de influente muito complexos que necessitam de mais tempo de hidrólise. Neste caso, a parte do influente que é alimentada ao segundo reator (“desvio”) pode ser aumentada. Quando o pH reduz bem abaixo em torno de 7,0, em particular abaixo de 6,8, o fluxo de desvio pode ser reduzido. Se, por outro lado, a queda de pH no primeiro reator for muito grande, por exemplo, a 6,5 ou menos, o fluxo de reciclagem do último reator (e opcionalmente a uma menor medida do segundo ao último, por exemplo, terceiro, reator) pode ser aumentado, por exemplo, em torno de 25%, ou para 43% ou mesmo até 100% (por volume influente por dia), cujos valores correspondem a até 20%, ou até 30%, ou mesmo até 50%, respectivamente, do volume efluente total do último reator. Os níveis de 3-6% ou mesmo 6-10% (por volume do efluente total do último reator) também são viáveis. Quando o pH aumenta acima de 6,8, o fluxo da parte de reciclagem do último reator pode ser reduzido.

[028] Normalmente, o pH do primeiro reator será mantido entre 4,5 e 7,5, preferencialmente entre 5,0 e 7,3, em particular entre 6,0 e 7,3. O pH do segundo reator será normalmente entre 6,0 e 8,0, preferencialmente entre 6,5 e

7,5. O pH do terceiro reator (caso haja) e de quaisquer reatores adicional antes do ultimo será normalmente entre 6,8 e 8,0, enquanto o pH do último reator será preferencialmente entre 7,0 e 8,0, de forma ideal, entre 7,0 e 7,5. No entanto, os desvios destas variações típicas ainda podem ser aceitáveis, pelo menos temporariamente, especialmente no primeiro e segundo reatores.

[029] Se a produção de gás aumentar acima da quantidade maxima que pode ser tratada por unidade de tempo, o fluxo da lama que entra pode ser reduzido ou o fluxo de entrada total pode ser alimentado a apena o primeiro reator, em vez de aos primeiros dois reatores. A capacidade de degradação e, portanto, a produção de gás cairão caso a carga do primeiro reator aumentar acima da carga ideal. Se o fluxo de entrada for muito elevado apenas no primeiro reator, parte do fluxo pode ser inserida no segundo reator. A redução do fluxo da lama que entra pode ser efetuada ao desviar uma parte da lama que entra a um tanque de tampão e devolvendo-a, por exemplo, quando a produção de gás tiver reduzido abaixo do nível máximo. Desta forma, os dados de produção de gás são usados para adaptar os diversos fluxos, desvios e reciclagens. Além disso, a composição de gás pode ser usada para esta finalidade. Portanto, um conteúdo de metano relativamente elevado da produção de gás total, ou especialmente da emissão de gás do primeiro e segundo reator, é indicativo de um processo de degradação relativamente rápida, permitindo que a reciclagem do último ao primeiro reator seja reduzida, e/ou o desvio do primeiro reator seja adaptado. Vice-versa, um conteúdo de metano relativamente baixo em comparação, por exemplo, ao conteúdo de dióxido de

carbono, da produção de gás total, ou especialmente da emissão de gás do último (e possivelmente segundo ao último) reator é indicativa de um processo de degradação não ideal, que pode ser melhorado ao aumentar a reciclagem do último ao primeiro reator.

[030] O controle de redox da reciclagem e fluxos de desvio pode ser realizado de forma similar. Por exemplo, se o potencial de redox no primeiro reator for relativamente elevado (= menos negativo, por exemplo, > -330 mV, em particular > -300 mV), isto é uma indicação de capacidade anaeróbica insuficiente do primeiro reator, e a proporção de reciclagem do efluente do último reator que é alimentado ao primeiro reator é aumentada, até em torno de 20% ou mesmo até 50% (com base no efluente total do último reator). Se, por outro lado, o potencial de redox se torna muito baixo, por exemplo, bem abaixo de - 420 mV, em particular < -450 mV, a reciclagem do último reator pode ser reduzida e/ou a taxa de desvio ao segundo reator pode ser aumentada. Os níveis precisos do potencial de redox que devem ser usados como um indicador e, portanto, um critério de controle para ajustar os diversos fluxos, dependerá dos tipos de lama e podem ser rotineiramente determinados pelos peritos. Conforme indicado acima, uma vantagem de uso de potencial de redox é aquela que é mais diretamente indicativa do processo de digestão anaeróbica, enquanto o efeito de pH (acidificação) pode ser compensado por uma alcalinidade mais elevada da mistura de influente. Portanto, tanto o pH quanto o potencial de redox são vantajosamente usados para controlar a reciclagem e os fluxos de desvio.

[031] Portanto, em uma realização preferida do processo da invenção, a parte variável controlada do efluente do último reator que é alimentado ao primeiro reator pode ser aumentada quando o pH no primeiro reator for 6,0 ou abaixo e/ou o valor de redox no primeiro reator for acima - 330 mV, especialmente quanto estiver acima de - 300 mV. Por outro lado, a parte variável controlada do efluente do dito último reator que é alimentado ao primeiro reator pode ser reduzida quando o pH no primeiro reator estiver acima 6,8 e/ou o valor de redox no primeiro reator estiver abaixo de - 420 mV, especialmente quando estiver abaixo de - 450 mV.

[032] Da mesma forma, em uma realização preferida, a parte variável controlada do fluxo de lama afluente que é alimentado ao segundo reator (ou seja, desvio do primeiro reator) pode ser aumentada quando o pH no primeiro reator for 6,0 ou acima e o fluxo de reciclagem ao primeiro reator estiver entre 60 e 100%, especialmente entre 80 e 100% do rendimento (ou seja, do mesmo volume do efluente que é descartado ou tratado adicionalmente) e o pH no segundo reator for 6,8 ou acima e/ou o valor de redox no primeiro reator estiver abaixo de -330 mV ou abaixo de -300 mV. A parte variável controlada do fluxo de lama afluente que é alimentado ao segundo reator é reduzida quando o pH no segundo reator estiver abaixo de 6,0 e/ou o valor de redox no segundo reator estiver acima de -300 mV ou acima de -330 mV.

[033] É possível, mas geralmente desnecessário ou mesmo indesejado, prover controle de pH no primeiro reator pela adição de ácido ou substância corrosiva. No entanto, é fortemente preferido controlar o pH nos diversos reatores,

especialmente o primeiro e o segundo, ao ajustar o desvio e/ou fluxos de reciclagem, conforme descrito acima.

[034] Os fluxos influentes e fluxos efluente, e – onde aplicável – fluxos de desvio e/ou reciclagem são ajustados de tal forma que o tempo de retenção hidráulica (HRT) total nas séries de reatores (três, preferencialmente quatro, ou mais) é entre 3 e 10 dias, preferencialmente entre 4 e 8 dias. O HRT em cada reator (ou compartimento) é entre 1 e 3 dias, preferencialmente entre 1,25 dias (30h) e 2 dias. Portanto, um aumento da reciclagem, por exemplo, do ultimo ao primeiro reator, é realizado pelo descarte de um fluxo adicional do último reator para reciclagem, e mantendo a taxa de fluxo da parte não reciclada do efluente (a ser descartada ou tratada adicionalmente a jusante) essencialmente constante.

[035] O processo da invenção pode ser realizado de um modo contínuo, semicontínuo ou descontínuo. Preferencialmente, o processo é operado em um modo semicontínuo, compreendendo um estágio de carregamento e um estágio de reação. No estágio de carregamento, um volume predeterminado de influente é carregado ao primeiro reator, e também opcionalmente ao segundo reator e, como resultado, é transferido um volume similar de um reator ao próximo reator e um volume similar é descartado do último reator. Em uma primeira parte do estágio de reação, o conteúdo dos reatores pode ser misturado, especialmente no primeiro e segundo reator. Em uma segunda parte do estágio de reação, a mistura pode ser interrompida e os sólidos são deixados sedimentar; no entanto, pelo menos parte da lama bacteriana permanecerá em suspensão apesar da interrupção da mistura, e será

transferida durante o estágio de carregamento subsequente. A duração dos diversos estágios pode variar; por exemplo, o estágio de carregamento pode ocorrer entre um minuto ou menor, por exemplo, até 10 minutos, o estágio de mistura pode ser tão curto quanto, por exemplo, 5 minutos ou tão longo quanto, por exemplo, uma hora, e o estágio de sedimentação pode variar de, por exemplo, 10 minutos a uma hora. Durante o estágio de sedimentação, os sólidos pesados – conforme distinguidos da lama mais leve (bacteriana) – serão coletados na parte inferior do reator e podem ser contínua ou periodicamente descartados, por exemplo, antes ou durante o estágio de carregamento. Isto se aplica particularmente a estruvita (que possuem uma densidade específica na ordem de 1,5 a 1,7 g/cm^3), que é preferencialmente precipitado – com o auxílio de sais de magnésio adicionados – no último, ou mais preferencialmente o segundo último (terceiro) reator. As operações de reciclagem podem ser contínuas, ou podem coincidir com os estágios de carregamento ou pode ser mais frequentes ou menos frequentes que os estágios de carregamento.

[036] O efluente do último reator pode ser tratado de diversas formas, tanto de forma anaeróbica em um reator de tanque agitado (CSTR) para polir ou diretamente ao tratamento final da lama, similar à instalação de desaguamento. Também é possível alimentar o efluente do último reator ao primeiro reator de um segundo conjunto de pelo menos três reatores de digestão anaeróbica, conforme aqui descrito, ou seja, usando dois conjuntos de reatores da invenção em série. No entanto, prefere-se uso de um reator de tipo CSTR para polimento e acomodar níveis excedentes de lama

de influente. Em muitos casos, é possível atualizar as instalações de digestão existentes ao alterar um dos tanques digestores a uma configuração do novo conceito digestor, especialmente na realização onde os quatro (ou três ou cinco) reatores são compartimentos de um único tanque.

[037] A instalação para realizar a digestão anaeróbica de lama orgânica da invenção pode compreender um conjunto de pelo menos um primeiro reator, um segundo reator e um último reator. O primeiro reator é provido de uma entrada de lama, um misturador controlável, um medidor de pH e/ou um medidor redox, uma saída de gás, uma saída de líquidos (descarga) ao dito segundo reator, uma entrada de descarga de líquido do dito último reator e uma saída de sólidos na parte inferior. O segundo reator é provido de uma entrada de lama, uma entrada de descarga de líquido do dito primeiro reator, um misturador controlável, um medidor de pH e/ou redox, uma saída de gás, uma saída de descarga de líquido a um terceiro reator ou ao dito último reator e preferencialmente uma saída de sólidos à parte inferior. O último reator é provido de uma entrada de líquido (descarga) do dito segundo reator ou do terceiro reator ou reator adicional intermediário, um misturador controlável, uma saída de gás, uma saída de descarga de líquido ao dito primeiro reator, uma saída de descarga de líquido para descartar o líquido e uma saída de sólidos na parte inferior. Os dispositivos de regulação são providos para regular o fluxo de pelo menos uma das ditas saídas de descarga de líquido usando a entrada de informações de pH e/ou redox dos ditos medidores de pH e/ou redox e preferencialmente também entrada de dados de fluxo de lama que entra e dados de fluxo de

descarga de (bio)gás. O sistema de coleta de gás de diferentes compartimentos pode ser combinado e ser provido de um dispositivo de medição de fluxo de gás.

[038] Todos os reatores podem ser reatores separados ou compartimento em um ou mais tanques. Por exemplo, o conjunto de reatores é de forma vantajosa um recipiente cilíndrico e o dito primeiro reator, segundo reator, terceiro reator opcional e reatores intermediários adicionais e um último reator são compartimentos separados verticalmente do dito recipiente cilíndrico. As linhas de conexão (saída do primeiro reator para entrada ao segundo reator; saída do segundo reator para entrada ao próximo (terceiro) reator; etc.) podem ser subsetores verticais ou tubos vizinhos aos dois respectivos reatores, em que a saída do reator anterior é uma descarga na parte superior e a entrada no próximo reator encontra-se na parte inferior, conforme mostrado adicionalmente na Figura 2.

[039] A instalação, conforme preferencialmente definido, compreende ainda, no dito conjunto, um terceiro reator provido de uma entrada de descarga de líquido do dito segundo primeiro reator, um misturador controlável, uma saída de gás, uma saída de descarga de líquido ao dito último reator e uma saída de sólidos à parte inferior. As saídas de sólidos na parte inferior dos diversos reatores, especialmente o primeiro e o último reator, podem ser simplesmente aberturas no ponto mais baixo da parte inferior do reator, que podem ser planas ou preferencialmente inclinadas, e podem ser providas de dispositivos para mover os sólidos à abertura de saída, como bombas ou fluxos de jato, se desejado.

[040] A instalação também pode ser vantajosamente provida de um tanque tampão, que pode ser conectado à linha de fornecimento de lama por válvulas controláveis para desviar a parte da lama que entra para ser armazenada no tanque tampão e, posteriormente, devolver a lama armazenada à linha de fornecimento para alimentação do conjunto de reatores.

DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[041] A Figura 1 mostra um conjunto de reatores, de acordo com a invenção. A figura mostra uma instalação que possui quatro reatores anaeróbicos, 1, 2, 3, 4. Cada reator é equipado com uma unidade de mistura (11, 21, 31, 41), uma entrada de líquido/lama (12, 22, 32, 42), uma saída de líquido/lama outlet (13, 23, 33, 43), uma saída de sólidos na parte inferior (14, 24, 34, 44), que pode ser provida de meios para direcionar os sólidos em direção à saída, como um fluxo de jato (não mostrado), uma saída de gás (15, 25, 35, 45) conectada às linhas de gás (16, 26, 36, 46), um medidor de pH e/ou redox (17, 27, mostrado apenas para os reatores 1 e 2), e linhas de líquido/lama (10, 19-20, 29-30, 39-40, 49) que alimentam e descartam as maiores partes da lama para e a partir dos reatores. As saídas de líquido/lama 13, 23, 33, 43 são dispostas como tubos de descarga na Figura, que podem estar localizados dentro ou fora do reator.

[042] A lama que entra 7 é alimentada ao primeiro reator através da linha 71 após passar o medido de fluxo 75. As linhas de desvio 72, 73 e 74 podem ser providas para passar uma menor parte da lama que entra ao segundo, e opcionalmente o terceiro e quarto reator, os diversos fluxos que são controlados pelas válvulas 99. As linhas de saída 29,

39 e 49 são providas de linhas laterais 91, 92, 95, para reciclar uma menor parte do efluente do segundo, terceiro e quarto reator, respectivamente, ao primeiro e, opcionalmente, segundo reator, em que as linhas 92 e 95 podem ser divididas em linhas 93, 94 e 96, 97, respectivamente.

[043] Os sólidos do primeiro e, opcionalmente, o segundo reator (e excepcionalmente o terceiro, não mostrado), descartados das saídas 14 e 24, respectivamente, consistem amplamente de areia e outros sólidos inorgânicos presentes na lama inicial, e são levados através das linhas 81 e 82, a uma distribuição de sólidos inorgânicos 85 ou ao tampão de lama digerida. Os sólidos do quarto e/ou terceiro (e excepcionalmente o segundo reator, não mostrado) descartados das saídas 34 e 44, respectivamente, consistem amplamente de estruvita formada no(s) respectivo(s) reator(es), tipicamente o terceiro reator, e são levado através da linhas 83 e 84, a uma distribuição de estruvita 86. Um fornecimento de sal de magnésio (por exemplo, cloreto de magnésio) 87 é alimentado ao terceiro reator através da linha 88. Em vez de ser combinado com a linha de alimentação 40 do reator 3, pode inserir o reator 3 em outro local, ou pode ser alimentado ao reator 4, por exemplo, combinado com a linha de alimentação 40.

[044] A emissão de gás dos diversos reatores é levada através das linhas 16, 26, 36 e 46, e após ser combinada, atravessa um medidor de fluxo (64), que também pode conter uma unidade para avaliar a composição gasosa, e é alimentada a uma unidade de coleta de biogás 67. Tanto as taxas de fluxo de gás quanto as composições de gasosas também podem ser medidas quanto aos fluxos de gás dos reatores

individuais, ou seja, por medidores de fluxo e unidades de avaliação de composição gasosa nas linhas individuais 16, 26, 36 e 46 (não mostrado).

[045] Os dados dos medidores de pH e redox 17, 27, o indicador de fluxo de lama que entra 75, indicadores do fluxo efluente de gás (e opcionalmente, composição) 64 (que também podem ser indicadores nas linhas individuais 16, 26, 36 e 46) e opcionalmente 66 e opcionalmente o indicador de fluxo efluente de líquido efluente 62, são alimentados através das conexões 18, 28, 76, 63, 65, respectivamente (que podem ser com fio ou sem fio) para processamento de dados e unidade de controle 6. Os sinais de controle para as diversas válvulas 99 e dispositivos de mistura 11, 21, 31, 41 são transmitidos da unidade de processamento e controle 66 através das saídas 61 (linhas à válvulas não mostradas).

[046] A jusante do conjunto de reatores anaeróbicos, um último reator, como um reator CSTR 5, pode ser provido. Ele possui uma linha de alimentação 50, dispositivo de mistura 51, entrada de líquido 52, saída de líquido 53, entrada de gás 55 conectados à unidade de coleta de biogás 67 através da linha 56 e indicador 66. O líquido tratado é descartado através da linha 59, e pós-tratado ou descartado.

[047] A Figura 2 mostra um vista transversal de uma disposição alternativa da instalação da invenção, em que os reatores 1, 2, 3 e 4 são compartimentos de um tanque cilíndrico 9. Os mesmos números da Figura 1 representam as mesmas partes. Portanto, cada compartimento é equipado com um dispositivo de mistura 11, 21, 31, 41, e também com entradas, saídas, linhas, válvulas, calibrador e dispositivos similares

da Figura 1 (não mostrado separadamente na Figura 2). A lama que entra através da linha de fornecimento 10 é introduzida na coluna 12, que serve como uma entrada de lama par ao reator 1 através da descarga, ou através de uma linha externa que inclui um bomba. As saídas de descarga 13, 23 e 23 provêm a conexão entre os reatores, evitando assim (linhas externas) separadas. O reator 4 é provido de uma saída de lama na forma de uma seta 43, a partir da qual a lama é lavada a um tampão de lama anterior à instalação/ unidade de derramamento através da linha 49.

[048] A Figura 3 mostra os resultados comparativos em termos de ruptura da lama (% de Substância Orgânica Seca: ODS) durante 9 semanas da operação do processo da invenção (■), um processos de referência usando apenas um CSTR (♦) e um digestor com uma unidade de Hidrólise de Pressão Térmica (▲). As curvas são desenhas usando medias de movimento durante 4 dias.

EXEMPLO

[049] Desde 2011, o requerente tem testado o novo conceito de digestor da invenção com diversas lamas diferentes na composição de um reator de referência sem qualquer tratamento adicional. Os testes comparativos foram conduzidos sob circunstâncias de total controle. Cada teste consiste de um period de estabilização, no qual reatores laboratoriais de CSRE de 20 litros são comparados à instalação de escala total no WWTP. Para se obter um HRT de, por exemplo, 20 dias nos reatores laboratoriais de CSTR, 1 litro de alimentação de lama originária de um digestor de um WWTP é diariamente bombeado para dentro dos reatores de uma forma semicontínua. Caso os resultados do reator laboratorial

de CSTR sejam comparáveis aos resultados de CSTR de escala total, o novo conceito de digestor é colocado em frente a um dos dois reatores laboratoriais de CSTR. Este novo conceito de digestor com um HRT de 6 dias é preenchido com lama digerida dos períodos de estabilização anteriores. O reator de referência é mantido nas mesmas condições durante todo o período de teste. Após colocar o novo conceito de digestor de 8,5 l em frente ao CSTR, o fluxo de alimentação é elevado para 1,43 l/d para manter o HRT geral em 20 dias.

[050] Os resultados são apresentados na Figura 3. Durante este período de teste também foi testado o efeito da Hidrólise de Pressão Térmica (TPH) em um terceiro reator paralelo, onde a lama foi previamente tratada a 160ºC a 6-8 bar durante 2 horas. A tecnologia TPH para tratamento redutor de resíduos orgânicos é descrita, por exemplo, em WO96/09882 (Cambi). Conforme pode ser observado no gráfico, os resultados do novo conceito de digestor são próximos àquele do tratamento de TPH. A vantagem do novo conceito de digestor em comparação ao TPH é a de que não são necessárias pressões elevada ou altas temperaturas, o que é altamente desejável para um equilíbrio positivo de energia.

[051] Durante o período de teste, a ruptura media no reator de referência foi de 42% e na combinação do novo conceito de digestor e um CSTR 50%. No reator TPH, a redução de material organic somou 53%. Se estes resultados são traduzidos para uma instalação de escala complete, apenas o novo conceito de digestor fornece uma contribuição positiva para diminuir significativamente os custos operacionais do WWTP, uma vez que não é necessária energia adicional semelhante para TPH.

REIVINDICAÇÕES

1. PROCESSO PARA TRATAMENTO DE LAMA ORGÂNICA POR DIGESTÃO ANAERÓBICA, caracterizado por compreender o tratamento periódico de lama em pelo menos três reatores anaeróbicos compreendendo um primeiro, um segundo e um último reator, em que pelo menos 50% em volume do fluxo de lama afluente é alimentado pelo dito primeiro reator,

pelo menos 85% em volume do líquido efluente do dito primeiro reator é alimentado pelo dito segundo reator,

pelo menos 85% em volume do líquido efluente do dito segundo reator é direta ou indiretamente alimentado pelo dito último reator, e

pelo menos 85% em volume do líquido efluente do dito último reator é descartado e/ou tratado adicionalmente de forma opcional, e

em que uma parte variável controlada do efluente do dito último reator é alimentada pelo dito primeiro reator, e/ou

parte variável controlada do fluxo de lama influente é alimentada pelo dito segundo reator;

o nível (volume por unidade de tempo) das ditas partes variáveis sendo controladas por meio do pH e/ou valores redox em pelo menos o dito primeiro reator,

em que a parte variável controlável do efluente do último reator que é alimentado pelo dito primeiro reator é aumentada quando o pH no primeiro reator é 6,0 ou menor e/ou o valor redox no primeiro reator é maior que -330 mV, e é reduzida quando o pH no primeiro reator é maior que 6,8 e/ou o valor redox no primeiro reator é menor que - 420 mV, e/ou em que a parte variável controlável do fluxo de lama

influente que é alimentado para o segundo reator é elevada quando o pH no primeiro reator é de 6,0 ou menor e fluxo de reciclagem para o primeiro reator está entre 60% e 100% do volume da taxa do rendimento, e o pH no segundo reator é 6,8 ou maior e/ou o valor redox no primeiro reator é menor que -330 mV, e em que a parte variável controlável do fluxo de lama influente que é alimentado para o segundo reator é reduzida quando o pH no segundo reator é menor 6,0 e/ou o valor redox no segundo reator estiver acima -300 mV ou o valor redox no primeiro reator estiver acima -330 mV, e reduzida quando o pH no primeiro reator estiver acima de 6,8 e/ou o valor redox no primeiro reator estiver abaixo de - 420 mV.

2. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelos ditos pelo menos três reatores serem quatro reatores ou mais e compreenderem um terceiro reator entre o dito segundo reator e o dito último reator, em que pelo menos 85% em volume do líquido efluente do dito segundo reator sendo alimentado pelo dito terceiro reator, e pelo menos 85% em volume do líquido efluente do dito terceiro reator sendo direta ou indiretamente alimentado pelo dito último reator.

3. PROCESSO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelos ditos pelo menos três reatores serem compartimentos verticalmente separados de um único tanque.

4. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 0, caracterizado pelo dito único tanque possuir uma altura entre 5 e 15 m, preferivelmente entre 6 e 11 m.

5. PROCESSO, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 a 4, caracterizado pelos níveis das ditas partes variáveis serem controlados ainda por meio do pH e/ou valores redox no dito segundo reator.

6. PROCESSO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo dito nível das ditas partes variáveis ser controlado ainda por meio da carga de fluxo de lama influente e/ou velocidade de fluxo do gás coletado dos reatores combinados ou reatores individuais.

7. PROCESSO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado por pelo menos um dos ditos reatores ser provido de dispositivos de mistura controlável.

8. PROCESSO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado por estruvita ser coletada na parte inferior do dito último reator e/ou do dito terceiro reator.

9. PROCESSO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pela dita parte variável controlada do efluente do dito ultimo reator que é alimentado pelo dito primeiro reator ser entre 2 e 10% em volume da dita pelo menos 50% em volume do líquido efluente que é descartado e/ou tratado adicionalmente, por unidade de tempo.

10. PROCESSO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo efluente do dito último reator ser tratado em um reator de tanque agitado.

11. PROCESSO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo tempo de retenção hidráulica (HRT) total nas séries de reatores ser entre 3 e 10 dias, preferivelmente entre 4 e 8 dias.

12. INSTALAÇÃO PARA DIGESTÃO ANAERÓBICA DE LAMA

ORGÂNICA, caracterizada por compreender um conjunto de pelo menos um primeiro reator, um segundo reator e um último reator,

sendo o dito primeiro reator provido de entrada a partir do fornecimento de lama, um misturador controlável, um medidor de pH e/ou um medidor de redox, uma saída de gás, uma saída de descarga de líquido ao dito segundo reator, uma entrada de líquido a partir do dito último reator na parte inferior;

dito segundo reator sendo provido de uma entrada para lama, uma entrada de descarga de líquido a partir do dito primeiro reator, um misturador controlável, um medidor de pH e/ou um medidor de redox, uma saída de gás, uma saída de descarga de líquido a um terceiro reator ou ao dito último reator e uma saída de sólidos na parte inferior;

dito último reator sendo provido de uma entrada de descarga de líquido a partir do dito segundo reator ou a partir de um terceiro ou outro reator, um misturador controlável, uma saída de gás, uma saída de líquidos ao dito primeiro reator, uma saída de descarga de líquidos para descartar o líquido e uma saída de sólidos na parte inferior; em que dispositivos de regulação são providos, os quais regulam o fluxo de pelo menos a dita entrada de líquidos a partir do dito último reator no dito primeiro reator e a dita entrada de líquidos a partir do fornecimento de lama no dito segundo reator, em que os ditos dispositivos regulam o fluxo da dita entrada de líquidos do dito último reator no dito primeiro reator com base na entrada de informações de pH e/ou redox a partir do medidor de pH e/ou redox do primeiro reator, e em que o dito dispositivo regula o fluxo da dita

entrada de líquido do fornecimento de lama no dito segundo reator com base nas informações de pH e/ou redox fornecidas pelo medidor de pH e/ou redox do primeiro reator e do segundo reator.

13. INSTALAÇÃO, de acordo com a reivindicação 12, caracterizada por compreender ainda, no dito conjunto um terceiro reator provido de uma entrada de descarga de líquidos a partir do dito segundo reator, um misturador controlável, uma saída de gás, uma saída de descarga de líquidos ao dito último reator e uma saída de sólidos na parte inferior.

14. INSTALAÇÃO, de acordo com a reivindicação 12, caracterizada pelo dito conjunto ser um tanque cilíndrico e o dito primeiro reator, segundo reator, terceiro reator opcional e último reator serem compartimentos verticalmente separados do dito tanque cilíndrico.

Fig. 1

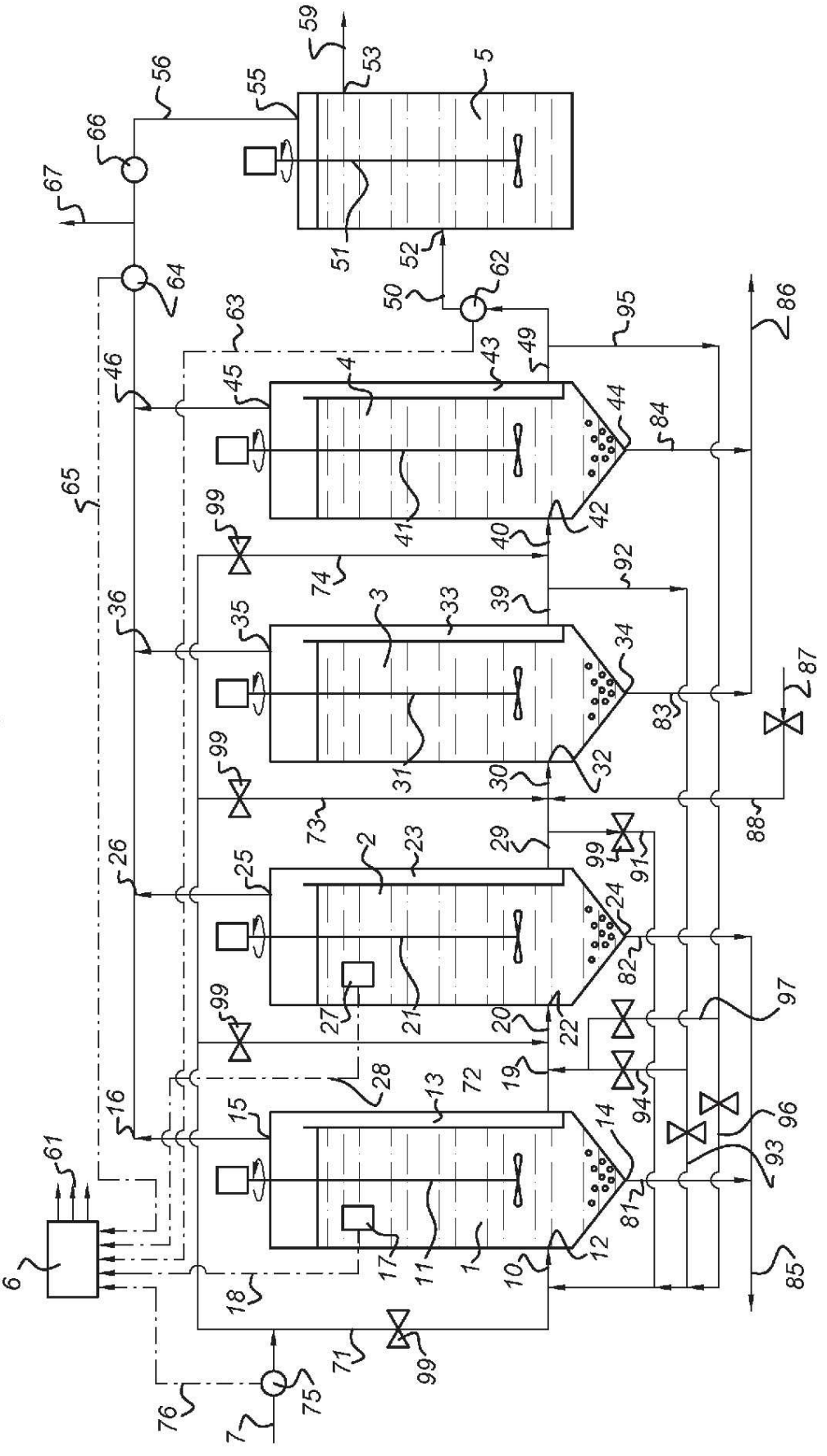

59
53
5
56
55
66
67
64
51
52
62
50
63
95
86
46
45
4
43
49
44
84
65
99
41
42
40
74
92
36
35
3
33
39
34
87
99
31
32
30
83
73
2
23
29
88
26
25
99
91
24
82
97
99
27
21
20
22
16
28
13
72
19
15
14
94
96
61
93
6
18
17
11
1
10
12
81
85
71
99
76
75
7

Fig. 2

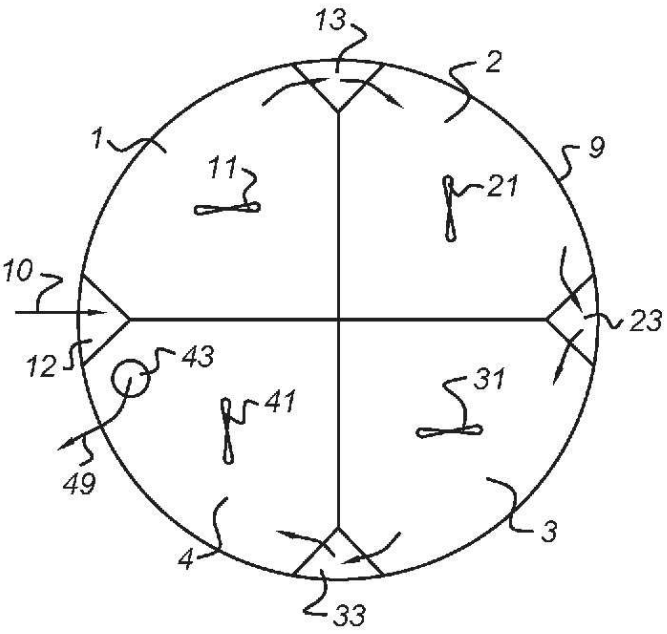
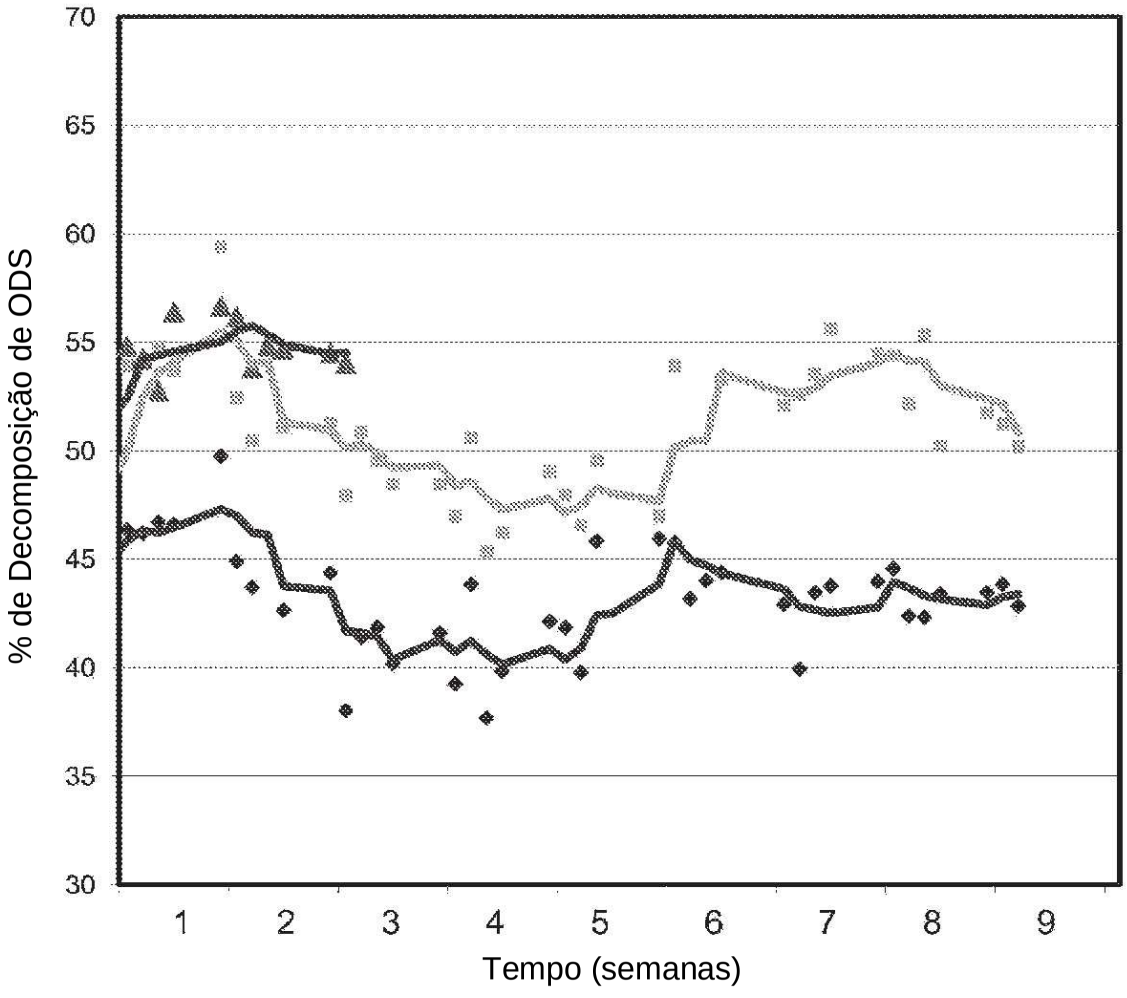


Fig. 3



Petição 870160008450, de 09/03/2016, pág. 42/77