

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: 2019.01.08	(73) Titular(es): INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR QUINTA DO CONTADOR, ESTRADA DA SERRA 2300-313 TOMAR PT
(30) Prioridade(s):	
(43) Data de publicação do pedido: 2020.07.07	(72) Inventor(es): HENRIQUE JOAQUIM DE OLIVEIRA PINHO DINA MARIA RIBEIRO MATEUS PT PT
(45) Data e BPI da concessão: 2021.07.30 151/2021	(74) Mandatário:

(54) Epígrafe: **SISTEMA DE COMPONENTES PARA MONTAGEM MODULAR DE "ZONAS HÚMIDAS ARTIFICIAIS"**

(57) Resumo:

A PRESENTE INVENÇÃO DIZ RESPEITO A UM DISPOSITIVO PARA MONTAGEM DE ZONAS HÚMIDAS ARTIFICIAIS (ZHAS) MODULARES AMOVÍVEIS E DE FORMA E DIMENSÕES ADAPTÁVEIS, CUJA UTILIZAÇÃO PERMITE A INSTALAÇÃO DE ZHAS SEM NECESSIDADE DE INFRAESTRUTURAS PERMANENTES E A ADAPTAÇÃO DAS ÁREAS DAS ZHAS ÀS NECESSIDADES TEMPORAIS/SAZONAIS ESPECÍFICAS E/OU LOCAIS. PARA ESSE EFEITO, SÃO DESENVOLVIDOS COMPONENTES ESTRUTURAIS INDIVIDUAIS (9), QUE PODEM SER TODOS IGUAIS, OU POSSUIR LIGEIRAS MODIFICAÇÕES, OS QUAIS, QUANDO LIGADOS ENTRE SI, RESULTAM EM ZHAS MODULARES DE DIMENSÃO E FORMA VARIÁVEIS E MODIFICÁVEIS. CADA COMPONENTE ESTRUTURAL (9) COMPREENDE UM DETERMINADO NÚMERO DE TRAVESSAS HORIZONTAIS (3) E DE BARRAS VERTICAIS (1), FURAÇÕES E/OU OUTROS ELEMENTOS DE LIGAÇÃO (2) ENTRE COMPONENTES, PARA PERMITIR CRIAR AS ZHAS MODULARES. O CONJUNTO DOS COMPONENTES ESTRUTURAIS, LIGADOS ENTRE SI, REVESTIDOS POR UMA TELA IMPERMEÁVEL (4), ONDE SÃO COLOCADOS OS TUBOS DE ENTRADA E SAÍDA DE ÁGUA (5), CONSTITUEM A ZHA MODULAR. A GEOMETRIA E DIMENSÃO DE CADA ZHA MODULAR, CONSTRUÍDA PELA LIGAÇÃO DOS COMPONENTES ESTRUTURAIS, E REVESTIDA PELA TELA IMPERMEÁVEL (4) PODE VARIAR EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DESEJADA, PERMITINDO QUE A ÁREA ÚTIL DE TRATAMENTO SEJA VARIÁVEL E ASSIM, ADAPTADA ÀS NECESSIDADES. DESTA FORMA, A PRESENTE INVENÇÃO ENCONTRA-SE NO DOMÍNIO DO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS COM RECURSO A ZONAS HÚMIDAS ARTIFICIAIS (ZHAS).

RESUMO

Sistema de componentes para montagem modular de "zonas húmidas artificiais"

A presente invenção diz respeito a um sistema para montagem de zonas húmidas artificiais (ZHAs) modulares amovíveis e de forma e dimensões adaptáveis, cuja utilização permite a instalação de ZHAs sem necessidade de infraestruturas permanentes e a adaptação das áreas das ZHAs às necessidades temporais/sazonais específicas e/ou locais.

Para esse efeito, são desenvolvidos componentes estruturais individuais (9), que podem ser todos iguais, ou possuir ligeiras modificações, os quais, quando ligados entre si, resultam em ZHAs modulares de dimensão e forma variáveis e modificáveis.

Cada componente estrutural (9) compreende um determinado número de travessas horizontais (3) e de barras verticais (1), furações e/ou outros elementos de ligação (2) entre componentes, para permitir criar as ZHAs modulares. O conjunto dos componentes estruturais, ligados entre si, revestidos por uma tela impermeável (4), e onde são colocados os tubos de entrada e saída de água (5), constituem a ZHA modular.

A geometria e dimensão de cada ZHA modular, construída pela ligação dos componentes estruturais e revestida pela tela impermeável (4), pode variar em função da aplicação desejada, permitindo que a área útil de tratamento seja variável e, assim, adaptada às necessidades.

Desta forma, a presente invenção encontra-se no domínio do tratamento de águas residuais com recurso a zonas húmidas artificiais (ZHAs).

DESCRIÇÃO

Sistema de componentes para montagem modular de "zonas húmidas artificiais"

Domínio técnico da invenção

A presente invenção diz respeito a um sistema para montagem de zonas húmidas artificiais (ZHAs) modulares amovíveis e de forma e dimensões adaptáveis, cuja utilização permite a instalação de ZHAs sem necessidade de infraestruturas permanentes e a adaptação das áreas das ZHAs às necessidades temporais/sazonais específicas e/ou locais.

A presente invenção responde à necessidade de instalação de ZHAs sem recurso à construção de infraestruturas fixas e permanentes, normalmente de alvenaria, permitindo que a área útil de tratamento seja facilmente adaptável às necessidades temporais/sazonais, relativamente ao volume e tipo de águas residuais a tratar.

Para esse efeito, são desenvolvidos componentes estruturais individuais (9), que podem ser todos iguais, ou possuir ligeiras modificações, os quais, quando ligados entre si, e revestidos com uma tela impermeável (4), resultam em ZHAs modulares de dimensão e forma variáveis e modificáveis.

Cada componente estrutural (9) compreende um determinado número de travessas horizontais (3) e de barras verticais (1), furações e/ou outros elementos de ligação (2) entre componentes, para permitir criar as ZHAs modulares. A geometria e dimensão de cada ZHA modular, construída pela ligação dos componentes estruturais, pode variar em função da aplicação desejada.

Desta forma, a presente invenção encontra-se no domínio do tratamento de águas residuais com recurso a zonas húmidas artificiais (ZHAs).

Antecedentes da invenção

As zonas húmidas artificiais (ZHAs) consistem em sistemas tecnológicos que reproduzem em contexto controlado os mecanismos de depuração das águas que ocorrem em zonas húmidas naturais. A utilização de ZHAs para tratamento de águas residuais tem vindo a tornar-se comum desde o final do século XX, aplicadas ao tratamento de águas residuais domésticas geradas em pequenos agregados populacionais, ao tratamento de efluentes aquosos industriais específicos, e principalmente como tratamento terciário em estações de tratamento de águas residuais urbanas.

As ZHAs são conhecidas por diversas designações, tais como: Zonas Húmidas Construídas, ETARs de plantas, fitoetars ou leitos de macrófitas. São sistemas tecnológicos que simulam o comportamento das zonas húmidas naturais, basicamente constituídos por um leito (tanque ou lagoa impermeabilizada) (6) parcialmente ou totalmente cheio com um material granular (7) e onde se faz circular a água a ser tratada. Nesse leito são propositadamente colocadas plantas macrófitas (8) que participam no processo de tratamento, quer diretamente por assimilação de nutrientes presentes nas águas, quer indiretamente ao potenciarem o desenvolvimento de comunidades microbianas e contribuírem para a manutenção da condutividade hidráulica do leito.

As ZHAs costumam ser contruídas com base em lagoas artificiais, escavadas no terreno, e com o fundo delimitado por uma tela impermeável (4), usualmente em material geotêxtil. Sobre a

tela de impermeabilização é colocado o material de enchimento (7), onde são plantadas macrófitas (8).

Em ZHAs de escoamento superficial, pode prescindir-se do material de enchimento e utilizar-se plantas aquáticas flutuantes, não enraizadas, mas as ZHAs mais comuns são construídas com enchimento (7) e utilizam-se plantas enraizadas emergentes (8). Este tipo de ZHAs designam-se de escoamento subsuperficial e normalmente são operadas de modo a que não exista contacto da água com a atmosfera. O material de enchimento (7) pode consistir em sólidos granulares, como é o caso de areia ou gravilha, ou resíduos sólidos como por exemplo escórias, ou combinações ou misturas de diferentes materiais.

No caso de ZHAs de menores dimensões, particularmente para uso industrial e para testes piloto, é usual utilizarem-se estruturas rígidas (6), tipo tanques construídos em alvenaria ou em materiais plásticos, por exemplo, para substituir as lagoas escavadas no terreno. Esta solução é muito limitada a pequenas áreas de trabalho, visto implicar um aumento do custo de construção. As soluções baseadas em lagoas ou em tanques de alvenaria partilham as desvantagens de terem de ficar fixadas no terreno e de não permitirem proceder a posteriores alterações de modo facilitado.

O documento Helmholtz Association at UFZ Centre for Environmental Research Leipzig-Halle (2005). Constructed Wetlands - Treating Wastewater with Cenoses of Plants and Microorganisms. UFZ Centre for Environmental Research Leipzig-Halle, December 2005, Leipzig, Germany divulga vários projetos visando o tratamento de águas residuais através da utilização de ZHAs. O capítulo 4 é dedicado especificamente ao equipamento usado em alguns destes projetos apresentando, em particular na página 21 (fotos), um projeto-piloto onde se inclui a construção de duas ZHAs, a partir de um conjunto de 15 tanques

(usados como leitos das ZHA, do inglês bed) feitos aparentemente em plástico, cada um com cerca de 6 m² de área, compreendendo uma peça única com forma retangular e passíveis de serem transportados. Contudo, cada um destes tanques é uma estrutura rígida e independente dos demais e não forma um sistema de construção modular dinâmico, ao contrário da presente invenção, i.e. passível de ter uma área total, de tratamento de águas residuais, modificada em função da aplicação em causa, como os dispositivos da presente invenção. O documento CN105800788 divulga uma ZHA que pode ser montada e desmontada de forma a poder ser lavada e reutilizada. Mas, as características distintivas consistem no conteúdo das caixas. O documento refere-se à invenção desse conteúdo, que visa substituir o enchimento dos leitos usuais das ZHA. É o conteúdo que pode ser desmontado, para efeitos de manutenção e limpeza. Este documento descreve uma ZHA que compreende 5 acessórios verticais (na forma de caixas), permeáveis, que definem 5 diferentes camadas onde se processa o tratamento das águas residuais. Embora estes 5 acessórios se encontrem conectados uns aos outros, por essa junção ocorrer na vertical, o volume total é fixo e não é possível modificar a área total da ZHA nem a sua forma em função da aplicação em causa, ao contrário do dispositivo modular da presente invenção.

O documento CN102619274 descreve um sistema de enchimento que consiste numa matriz estruturada, modular, que os autores designam por "box type module", dividida em pequenas câmaras que os autores designam por "small chambers as mortises". A matriz modular consiste no enchimento das ZHA, e não na estrutura do tanque que suporta o enchimento. Esta matriz, para poder servir ao tratamento de águas, tem de ser colocada dentro de um tanque (que os autores designam por "container"), que não faz parte da invenção e não tem qualquer funcionalidade de modularidade. A invenção consiste na matriz, que pode ser

colocada num determinado tanque (de volume e forma fixos) substituindo os enchimentos granulares convencionais. Mas, cheio o tanque com a matriz, a dimensão deste não é modificável nem em área nem em dimensão, ao contrário do dispositivo da presente invenção.

O documento DE202017006470 divulga um sistema de tratamento de água, que pode conter plantas como numa ZHA, mas que é desenhado para conter um enchimento filtrante, dando como exemplo o carvão ativado. O sistema completo é designado por módulo pronto para ser instalado, sendo previsto que cada um dos módulos possa ter um fundo de camada dupla, o qual, através da sua movimentação vertical, permite modificar a dimensão relativa da altura da zona do enchimento, sem variar o volume, nem a área de tratamento, nem a forma do módulo. É também mencionada a possibilidade de se acrescentar módulos de tratamento ao sistema inicial, mas esta extensão implica a duplicação de todo o sistema (página 3, parágrafo 18, ponto 8). Assim, os módulos não são construídos a partir de elementos estruturais, como acontece na presente invenção, pelo que não permitem a modificação nem da forma, nem do volume, nem da área, sendo estes fixados na fase de construção.

O documento KR20110092937 divulga um conjunto de ZHAs, para tratamento de águas residuais, constituídas por um conjunto de tanques pré-fabricados, em que o fluxo de água movimenta-se com diferentes tipos de escoamento sub-superficial e com arranjos em paralelo e em série. Para este efeito, são montados diversos tanques, lado a lado, em que cada um destes tanques contém material de enchimento. Um primeiro tanque apresenta uma zona de comunicação, na sua parte superior, com um segundo tanque, que por sua vez apresenta uma segunda zona de comunicação, na parte inferior, de forma a ser posicionada numa direção diagonal da primeira zona de comunicação e em que uma pluralidade de primeiros tanques e de segundos tanques são

montados alternadamente, definindo uma forma em ziguezague, numa direção inclinada, em relação ao eixo vertical, de modo que as águas a tratar fluam de cima e para baixo e da esquerda e direita, incrementando assim a eficiência de limpeza e remoção de resíduos, sendo esta a justificação da invenção. Os tanques são construídos em cimento, não sendo transportáveis nem passíveis de ter a sua área modificada ou a sua forma alterada depois de construídos e implantados no terreno.

O problema técnico que a presente invenção soluciona relaciona-se com a possibilidade de se desenvolverem sistemas de construção de ZHAs com área de tratamento passível de ser dinamicamente modificada *in loco* e para um determinado processo de tratamento de águas residuais, tanto por aumento como por redução dessa área, através da adição ou remoção de componentes estruturais, respetivamente e, para além disso, passível de ser móvel e transportável para outros locais, permitindo dar resposta a modificações do *layout* do processo e das instalações. No entanto, nenhum dos documentos acima referidos, quer por si só, quer em combinação, divulga um sistema de componentes para montagem modular de ZHAs, as quais possam ser dinamicamente adaptáveis *in loco*, quanto à sua dimensão, forma e função e que podem ser transportáveis.

A presente invenção visa solucionar as desvantagens que são inerentes aos sistemas do estado da técnica, pela apresentação de um sistema modular, para construção de ZHAs, com formas e áreas de tratamento variáveis e dinâmicas, amovíveis e transportáveis, na sua totalidade ou parcialmente.

Descrição geral da invenção

A presente invenção diz respeito a um sistema para montagem de zonas húmidas artificiais (ZHAs) modulares amovíveis e de forma e dimensões adaptáveis, cuja utilização permite a instalação

de ZHAs sem necessidade de infraestruturas permanentes e a adaptação das áreas das ZHAs às necessidades temporais/sazonais específicas e/ou locais.

Para esse efeito, são desenvolvidos componentes estruturais individuais (9), que podem ser todos iguais, ou possuir ligeiras modificações, os quais, quando ligados entre si, e revestidos por uma tela impermeável (4) resultam em ZHAs modulares com um leito modificável em dimensão e forma.

Cada componente estrutural compreende um determinado número de travessas horizontais (3) e de barras verticais (1), furações e/ou outros elementos de ligação (2) entre componentes (9), para permitir criar as ZHAs modulares. A geometria e dimensão de cada ZHA modular, construída pela ligação dos componentes estruturais (9), pode variar em função da aplicação desejada. A robustez das ZHAs modulares, particularmente no caso de ZHAs de maior dimensão, pode ser assegurada por recurso a tirantes ou cabos (10) a interligar os componentes (9) ou por recurso a sistemas de escoramento (11).

Cada componente estrutural (9) pode ser produzido em madeira, alumínio, plástico, outros materiais sintéticos ou materiais reciclados.

Os componentes estruturais individuais (9) podem ser desenhados de modo a facilitar o encaixe entre si e a instalação da tela (4) e tubagens de entrada e saída da água (5) nas ZHAs modulares, ou estes acessórios (2, 5) podem ser independentes.

Após construídos as ZHAs modulares, através da ligação de um número apropriado de componentes (9), obtém-se uma estrutura que serve de suporte a uma tela impermeável (4), que pode ser rígida ou flexível em função da dimensão das ZHAs modulares e das características do material de enchimento (7). Os componentes estruturais (9) e os módulos obtidos pela sua

combinação, não necessitam de ser fechados e estanques, pois essa função é garantida pela tela impermeável (4).

A tela (4) pode ser feita com a forma de sacos dotados de alças ou outro sistema que permita remover ou substituir e transportar o enchimento (7).

A presente invenção visa solucionar as referidas desvantagens e, em particular:

1. permite construir ZHAs amovíveis, i.e. que não ficam fixas no terreno e, como tal podem ser transferidas para locais diferentes, o que permite uma gestão flexível muito relevante, em particular para instalações de tratamento de efluentes aquosos industriais;
2. permite modificar, com facilidade e no local, a dimensão dos leitos (6), tanto em forma como em área de tratamento disponível, apresentando assim uma adaptação dinâmica, adequada ao uso pretendido, o que permite adaptar as ZHAs a alterações persistentes nos parâmetros de operação como sejam o caudal ou a composição da água a tratar.

Para além disso, a presente invenção permite ainda utilizar, na construção dos respetivos componentes estruturais (9), diferentes materiais, tais como madeira ou materiais plásticos de densidades distintas, materiais plásticos reciclados, o que contribui ainda mais para o aumento da sustentabilidade e redução do impacto ambiental e económico das ZHAs.

Descrição das figuras

Figura 1 - Representação de uma ZHA modular 1x1, numa forma de realização preferencial da invenção, construída com componentes estruturais em madeira, em que os seguintes números de referência representam:

- 1 - Barras verticais;
- 2 - Acessórios de ligação;

- 3 - Travessas horizontais;
- 4 - Tela impermeável;
- 5 - Tubagens de entrada e de saída da água;
- 9 - Componente estrutural.

Figura 2 - Representação de uma ZHA convencional [**Figura comparativa**], construída a partir de um tanque em alvenaria, em que as setas representam o fluxo da água em tratamento, através de um material granular que consiste no enchimento da ZHA, em que os seguintes números de referência representam:

- 5 - Tubagens de entrada e de saída da água;
- 6 - Leito;
- 7 - enchimento;
- 8 - plantas macrófitas.

Figura 3 - Representação de um exemplo de **componente estrutural** individual, numa forma de realização preferencial, em que o número e a forma das travessas horizontais, o número e a forma das barras verticais, bem como as dimensões relativas, podem ser adaptadas tendo em conta as características dos materiais de construção, em que os seguintes números de referência representam:

- 1 - Barras verticais;
- 3 - Travessas horizontais;
- 9 - Componente estrutural.

Figura 4 - Representação de construção de ZHAs modulares, de diferentes dimensões, construídos a partir da união de diferente número de componentes estruturais individuais, numa forma de realização preferencial. A união entre os componentes estruturais pode ser efetuada através de acessórios de ligação, ou através de encaixes macho-fêmea esculpido ou moldado nos

componentes se o material de construção o permitir. Os seguintes números de referência representam:

- 1 - Barras verticais;
- 3 - Travessas horizontais;
- 9 - Componente estrutural.

Figura 5 - Representação da construção de ZHAs modulares construídas a partir da união de componentes estruturais individuais, de modo a obter formas e dimensões diversas, numa outra forma de realização preferencial, onde o seguinte número de referência representa:

- 9 - Componente estrutural.

Figura 6 - Representação de algumas formas preferenciais de medidas para reforçar a resistência estrutural dos sistemas de ZHAs modulares construídos através da união de componentes estruturais individuais: na Fig. 6a, com recurso a cabos ou tirantes; na Fig. 6b, com recurso a contrafortes; na Fig. 6c, com recurso a estacas. Os seguintes números de referência representam:

- 9 - Componente estrutural;
- 10 - Cabos de reforço;
- 11 - Sistema de escoramento.

Figura 7 - Representação de algumas das formas de realização da invenção, em que se apresenta possibilidades de adaptação conferidas pelo uso de componentes estruturais individuais. A partir de um módulo 2x2 (Fig. 7a) pode-se construir um módulo 1x6 (Fig. 7b), apenas por reorganização dos componentes individuais, pode-se alterar para um módulo 1x2 (Fig. 7c) por remoção de dois componentes, ou pode-se alterar para um módulo 2x3 (Fig. 7d), por acrescento de dois componentes (em baixo), onde o seguinte número de referência representa:

9 - Componente estrutural.

Figura 8 - Representação dos detalhes dos componentes estruturais de madeira (Fig. 8a), usados na construção de modelos com características funcionais preferenciais, no âmbito da presente invenção, para ilustração da funcionalidade do sistema de componentes para montagem modular de ZHAs (Fig. 8b). O componente estrutural representado na Fig. 8c representa uma forma de realização preferencial, já dotada de perfurações que facilitam o seu uso generalizado e facilitam as ligações das tubagens de circulação da água a tratar e já tratada. Os seguintes números de referência representam:

- 1 - Barras verticais;
- 2 - Acessórios de ligação;
- 3 - Travessas horizontais;
- 5 - Tubos de entrada e saída de água;
- 9 - Componente estrutural.

Figura 9 - Representação de uma ZHA modular 1x2, numa forma de realização preferencial da invenção, construído com componentes estruturais em madeira, semelhantes aos descritos na legenda da figura 1, em que os seguintes números de referência representam:

- 1 - Barras verticais;
- 2 - Acessórios de ligação;
- 3 - Travessas horizontais;
- 4 - Tela impermeável;
- 5 - Tubagens de entrada e de saída da água;
- 9 - Componente estrutural.

Descrição de um aspeto preferencial da invenção

A presente invenção diz respeito a um sistema de montagem de zonas húmidas artificiais (ZHAs) modulares amovíveis e de forma e dimensões adaptáveis, cuja utilização permite a instalação de ZHAs sem necessidade de infraestruturas permanentes e a adaptação das áreas das ZHAs às necessidades temporais/sazonais específicas e/ou locais.

Para esse efeito, são desenvolvidos componentes estruturais individuais (9), que podem ser todos iguais, ou possuir ligeiras modificações, os quais, quando ligados entre si, resultam em ZHAs modulares de dimensão e forma variáveis e modificáveis.

Na figura 3 representa-se um exemplo básico de componente estrutural (9), que pode, por exemplo, ser produzido em madeira ou em plástico reciclado. As dimensões e o número de travessas horizontais (3) e de barras verticais (1) podem variar, bem como podem ser usadas estruturas geométricas diferentes.

Após construídas as ZHAs modulares através da ligação de um número apropriado de componentes estruturais (9) (Fig. 4), obtém-se uma estrutura que serve de suporte a uma tela impermeável (4) que pode ser rígida ou flexível em função da dimensão das ZHAs e das características do material de enchimento (7). Os componentes (9), e os módulos obtidos pela sua combinação, não necessitam de ser fechados e estanques, pois essa função é garantida pela tela impermeável (4).

Os componentes estruturais individuais (9) podem ser desenhados de modo a facilitar o encaixe entre si e a instalação da tela (4) e tubagens de entrada e saída da água (5) nas ZHAs modulares, ou estes acessórios (2, 4) podem ser independentes. Os componentes estruturais (9) podem ser produzidos em materiais reutilizáveis, como madeira, alumínio ou materiais sintéticos, ou materiais reciclados. De modo a facilitar a transferência das ZHAs modulares, a tela (4) pode

ser fornecida na forma de sacos dotados de alças, ou de outro sistema, que permita remover e transportar o enchimento.

Através da combinação dos componentes estruturais (9) é possível construir ZHAs de forma e dimensão variável (Fig. 5). A dimensão e forma dos módulos de ZHAs pode influenciar a eficiência de tratamento das águas residuais, pois afeta o tempo de residência e as características de escoamento da água através do enchimento granular (7). A facilidade em se adaptar a forma e a dimensão dos módulos permite encontrar as melhores condições operacionais e aumentar o desempenho no tratamento da água.

A robustez dos módulos, particularmente no caso de ZHAs de maior dimensão, pode ser assegurada por recurso a tirantes ou cabos (10) a interligar os componentes (9) ou por recurso a sistemas de escoramento (11) (Fig. 6).

Uma das vantagens mais relevantes da invenção consiste na relativa facilidade de através da deslocação ou da remoção de componentes (9), ou pela adição de novos componentes (9), ser possível mudar a forma e/ou a dimensão das ZHAs, permitindo a sua adaptação dinâmica a novos parâmetros de operação, como sejam as alterações na composição ou nos caudais das águas residuais a tratar.

Na Figura 7 representa-se um exemplo do processo de modificação de forma ou dimensão, não sendo um exemplo limitativo visto o número de componentes (9) indicado ser apenas exemplificativo. Outra das grandes vantagens da invenção reside em facilitar a substituição do enchimento (7) (quando este atingir o seu tempo de vida útil, ou caso seja necessário proceder à modificação do sistema, por exemplo para adaptar o tipo de enchimento (7) a modificações nas características da água a tratar. Para o efeito, bastará usar um sistema para içar a tela (4) que retém o material de enchimento (7), com a possibilidade de se remover

temporariamente alguns componentes estruturais (9) para facilmente aceder ao conteúdo.

A invenção permite também construir sistemas de contenção para outros processos de tratamento de águas, incluindo o tratamento de água potável através de meios granulares. O sistema de componentes (9) proposto na invenção tem ainda a vantagem de facilitar o desmantelamento e a valorização dos materiais quando for atingido o fim de vida útil das ZHAs, particularmente se o material usado na construção dos componentes estruturais (9) for madeira.

Exemplos

Exemplo 1. Construção de uma ZHA modular

Os sistemas de contenção das ZHAs tradicionais, tipo lagoa ou tanque (6), costumam ter entre 0,30 e 0,80 m de altura de enchimento (7).

Esta forma de realização, agora apresentada, é totalmente compatível com essas dimensões, tendo-se efetuado testes de demonstração em que se utilizaram componentes estruturais (9) com altura de 0,60 m e comprimento de 1,20 m (Figura 8).

Para esse efeito, foram construídos módulos funcionais com quatro componentes estruturais (9) (módulo 1x1, Figura 1) na forma aproximada de um quadrado, com cerca de 1,20 m por 0,99 m (medidas interiores), perfazendo uma área útil superficial de cerca de 1,2 m² e um volume de cerca de 0,7 m³, e com seis componentes estruturais (9) (módulo 1x2, Figura 9) na forma de um retângulo com cerca de 0,99 x 2,40 m e perfazendo uma área superficial de cerca de 2,4 m² e um volume de cerca de 1,4 m³. Os módulos dos protótipos de ZHAs foram construídos segundo os esquemas das figuras 1 e 9 (vistas de topo), tendo-se usado madeira de pinho.

Cada componente estrutural (9) (conforme figura 8) possui 5 travessas horizontais (3), cada com 1200 x 100 x 25 (comprimento, largura, espessura, em mm), pregadas a três barras verticais (1), cada com 600 x 50 x 78 (comprimento, largura, espessura, em mm). Os componentes estruturais (9) foram ligados entre si por conjuntos (2) formados por varão roscado em aço de 8 mm de diâmetro, duas porcas e duas anilhas de dimensão equivalente, de modo a facilitar a desmontagem quando necessário.

Exemplo 2. Construção de uma ZHA modular, plantada com *Phragmites australis*

No interior de cada módulo, obtido de acordo com o descrito no Exemplo 1, foi colocado um saco de dimensão adequada, construídos em tela geotêxtil impermeável de 1100 g/m² (4).

Cada módulo foi equipado com tubagens de alimentação e drenagem de água (5), e cheios com uma combinação de sólidos granulares (7) até à altura de 0,50 m. Para evitar o contacto da água com a atmosfera, o nível de água no interior do leito é regulado à cota de 0,45 m. Tendo em conta que a porosidade média observada do enchimento é de cerca de 47%, o volume útil das ZHAs assim construídas é de cerca de 0,25 m³ para o módulo 1x1, e de cerca de 0,51 m³ para o módulo 1x2.

Para completar os sistemas, de modo a apresentarem todas as valências das ZHAs, foram plantados espécimes de *Phragmites australis* (8) nos leitos constituídos pelos sólidos granulares.

Procederam-se a testes de operação de tratamento de água residual do tipo secundário, tendo-se observado uma efetiva redução de contaminantes presentes na água, designadamente compostos de azoto, de fósforo e contaminantes orgânicos, demonstrando-se a total operacionalidade do sistema inventado.

Descrevem-se, a título de exemplo, quatro experiências de tratamento de águas residuais por ZHA construída por meio do sistema de componentes estruturais.

Exemplo 3. Tratamento de águas residuais do tipo urbano

Tratamento de uma água residual de teste, do tipo urbano após tratamento secundário, em modo de operação descontínuo. A água residual tinha inicialmente a seguinte composição: 180 mg/L de CQO (Carência Química de Oxigénio), 21 mg/L de Azoto Total e 3 mg/L de Fósforo Total.

Após um tempo de residência de 2 dias, verificou-se a redução do teor de poluentes na água, obtendo-se uma eficiência de 75% de remoção de CQO, 65% de remoção de Azoto Total e de 51% de remoção de Fósforo Total.

Foram testados diferentes tempos de residência, tendo-se observado que nas condições de operação, dois dias são suficientes para obter a eficiência referida, e correspondem a uma carga hidráulica de $0,07 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ dia})$.

Os resultados obtidos são considerados bons e adequados, para a afinação do tratamento de águas residuais por ZHA.

Exemplo 4. Tratamento de águas residuais do tipo urbano com teor superior de poluição

Foi testado nas mesmas condições do exemplo 3, o tratamento de uma água residual com teores de poluição superiores, mas de biodegradabilidade também superior, obtendo-se eficiências de remoção de cerca de 93% de CQO, 78% de Azoto Total e 71% de Fósforo Total.

Exemplo 5. Tratamento de águas residuais do tipo industrial

Tratamento de uma água residual de teste, do tipo industrial após tratamento secundário, em modo de operação descontínuo.

A água residual tinha inicialmente a seguinte composição: 269 mg/L de CQO, 72 mg/L de Azoto Total e 2 mg/L de Fósforo Total. Após um tempo de residência de 2 dias, verificou-se a redução do teor de poluentes na água, obtendo-se uma eficiência de 90% de remoção de CQO, 56% de remoção de Azoto Total e de 43% de remoção de Fósforo Total.

O teor de sólidos suspensos totais (SST) na água diminuiu em 84% (inicialmente 28 mg/L), tal como o índice de cor, que foi reduzido em 50% (inicialmente 201 PCU). A eficiência máxima foi também obtida com apenas 2 dias de residência.

Exemplo 6. Tratamento em contínuo de águas residuais do tipo urbano com pré-tratamento

Tratamento de uma água residual de teste, do tipo urbano após tratamento secundário, em modo de operação contínuo, com uma carga hidráulica de cerca de 0,01 m³/(m².dia). A água residual tinha inicialmente a seguinte composição: 201 mg/L de CQO, 30 mg/L de Azoto Total e 4 mg/L de Fósforo Total.

Verificou-se a redução do teor de poluentes na água, obtendo-se uma eficiência de 76% de remoção de CQO, 53% de remoção de Azoto Total e de 38% de remoção de Fósforo Total.

Todos os resultados estão dentro das gamas típicas das ZHAS convencionais, e poderão ser ainda otimizados.

Tomar, 6 de janeiro de 2020.

João Paulo
Pereira de
Freitas
Coroado

Assinado de forma
digital por João
Paulo Pereira de
Freitas Coroado
Dados: 2020.05.12
20:50:28 +01'00'

REIVINDICAÇÕES

1. Um sistema para montagem de zonas húmidas artificiais (ZHAs) modulares amovíveis e de forma e dimensões adaptáveis, cuja utilização permite a instalação de ZHAs sem necessidade de infraestruturas permanentes e a adaptação das áreas das ZHAs às necessidades temporais/sazonais específicas e/ou locais **caracterizado por** compreender um conjunto de componentes estruturais individuais (9), constituídos por travessas horizontais (3) e barras verticais (1), de modo a formar uma estrutura que serve de suporte a uma tela impermeável, sendo a junção entre componentes estruturais (9) feita através de meios de ligação comuns (2) **ou** através de encaixes, tipo macho-fêmea (2), incorporados no próprio material de construção dos componentes estruturais (9).

2. Um sistema de construção modular, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** possibilitar, através da combinação dos componentes estruturais (9), construir módulos amovíveis e de forma e dimensão variável e modificável para ZHAs.

3. Um sistema de construção modular, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** cada um dos componentes estruturais (9) poder ser produzido em madeira, alumínio, plástico, outros materiais sintéticos ou materiais reciclados.

4. Um sistema de construção modular, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** a tela impermeável (4) compreender um sistema de remoção e transporte do enchimento (7) da ZHA.

5. Um sistema de construção modular, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** os componentes estruturais individuais (9) de cada módulo poderem apresentar função de encaixe, entre si e da instalação da tela (4), e das tubagens de entrada e saída da água (5) no sistema.

6. Um sistema de construção modular, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** compreender ainda meios de promoção da robustez do sistema de módulos, tais como tirantes ou cabos de ligação (10) entre os componentes (9) de cada módulo ou entre módulos, com escoras, contrafortes e/ou estacas (11).

Tomar, 6 de janeiro de 2020.

João Paulo
Pereira de
Freitas
Coroado

Assinado de forma
digital por João
Paulo Pereira de
Freitas Coroado
Dados: 2020.05.12
20:51:29 +01'00'

FIG. 1

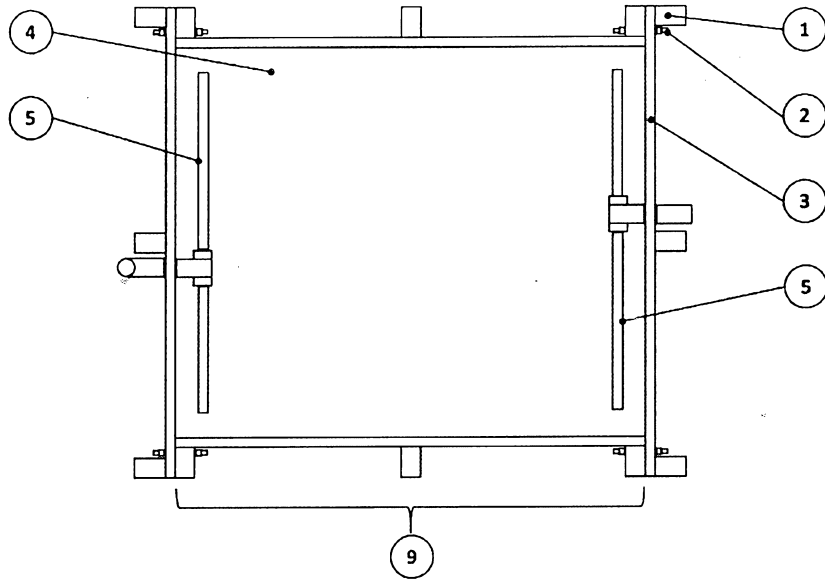


FIG. 2

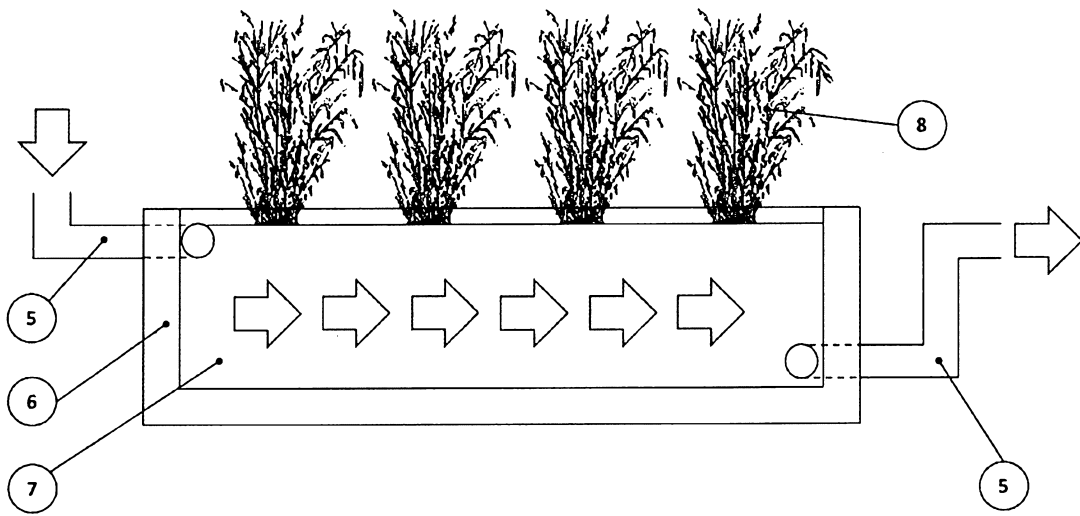


FIG. 3

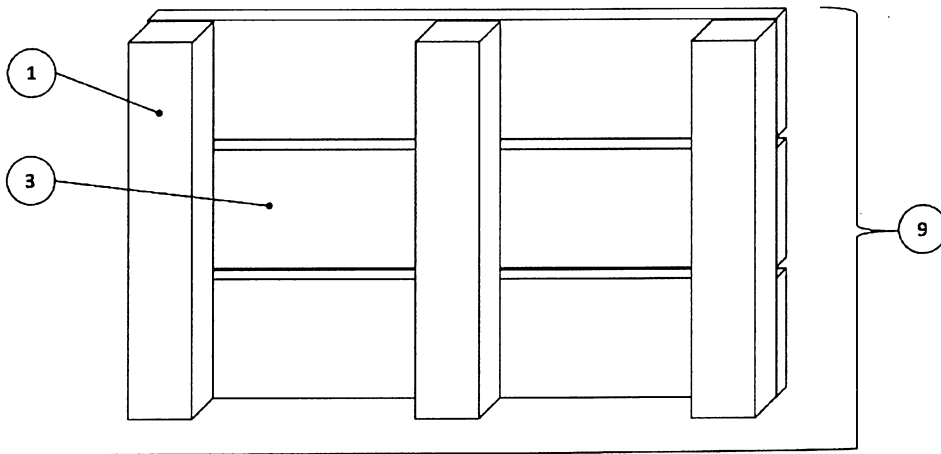


FIG. 4

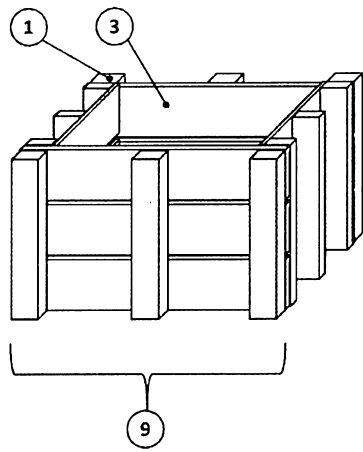


Fig. 4a

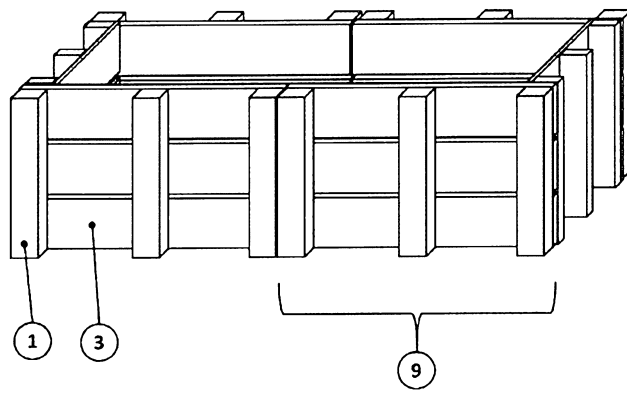


Fig. 4b

FIG. 5

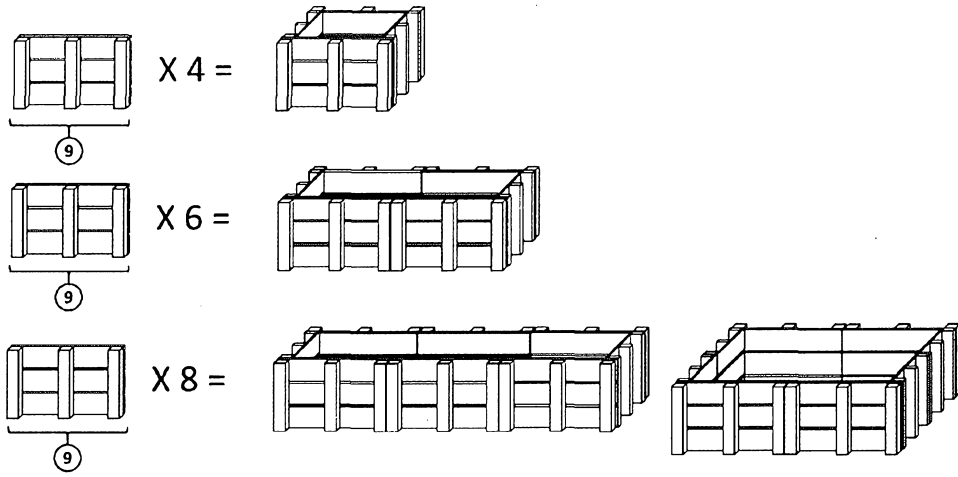


FIG. 6

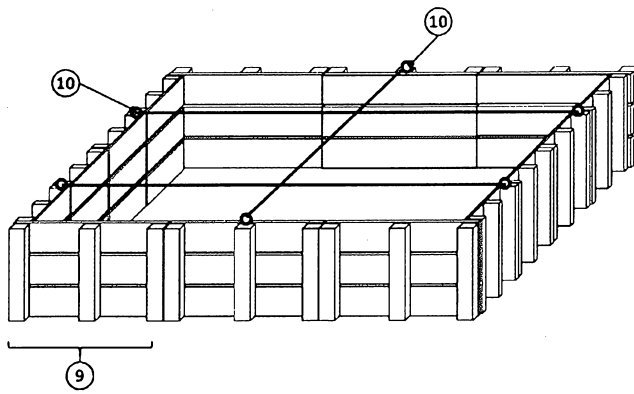


Fig. 6a

Fig. 6b

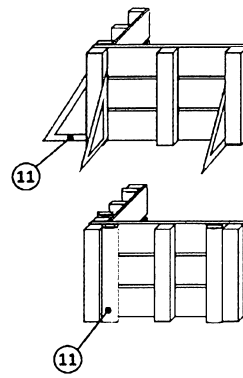


Fig. 6c

FIG. 7

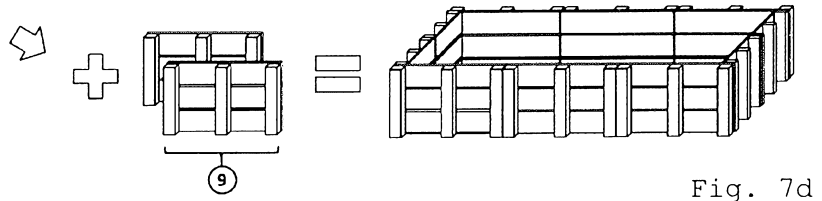
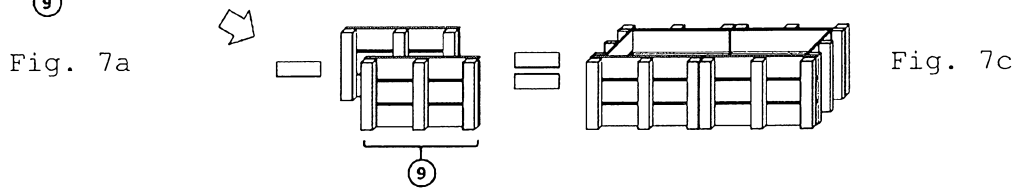
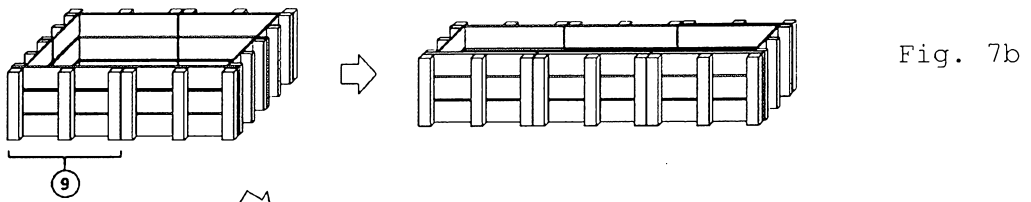


FIG. 8

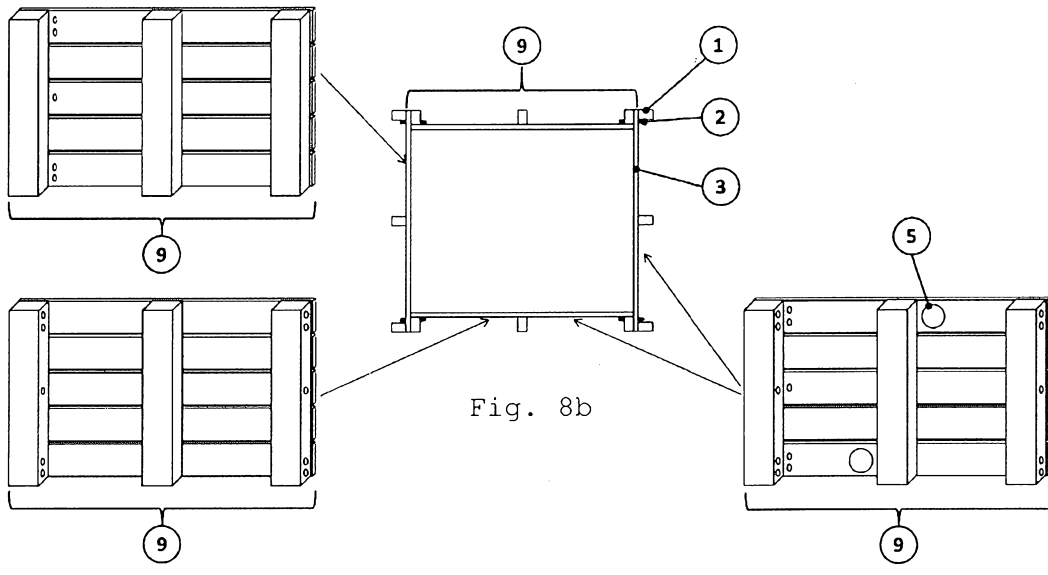


Fig. 8a

Fig. 8c

FIG. 9

