

## DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO PARA ESTUDO DE JARDIM FILTRANTE COMO ALTERNATIVA PARA DESTINAÇÃO ADEQUADA DE RESÍDUOS DE ESGOTO – A CHAMADA “ÁGUA CINZA”

**Ana Paula Henrique** (Centro Universitário Padre Anchieta)  
**Luciano Smanhoto kroll** (Centro Universitário Padre Anchieta)  
**Cristiane Rochi de Oliveira** (Centro Universitário Padre Anchieta)  
**Flávio Gramolelli Júnior** (Centro Universitário Padre Anchieta)  
**Raquel Carnivale Silva Melillo** (Centro Universitário Padre Anchieta)

### RESUMO

Diante do cenário atual o tratamento de água, esgotos e resíduos promovem novas decisões que envolvem todo o processo de tratamento de água em nosso planeta. Novas tecnologias surgem com foco em baixo custo, sustentabilidade e métodos para o tratamento de água, que vem sendo pesquisados e implantados em diversas esferas para ampliar a consciência sobre a preservação da água, sendo ela um bem maior de uso comum em nosso cotidiano. Dentre essas novas tecnologias para o tratamento de água estão os jardins filtrantes, conhecidos também como sistemas artificiais de zonas úmidas por plantas aquáticas. O sistema é vantajoso e esteticamente favorável ao utilizar plantas como meio de filtragem das partes sólidas. Foi apresentado no trabalho um modelo de jardim filtrante em escala de maquete para fins acadêmicos, tendo como método de análise a base em pesquisas de modelos reais em tratamento de águas cinza. Todo o trabalho foi realizado baseado em comprovações com foco na eficiência e resultados dos jardins no tratamento de águas cinza, que tem o intuito de apresentar uma condição natural, ecológica e sustentável, com foco em economia, reutilização de matérias-primas, paisagismos, conscientização em escolas e programas acadêmicos.

**Palavras chave:** jardim filtrante; tratamento de água; águas cinza; plantas, condição natural.

### ABSTRACT

In view of the current scenario, water, sewage and waste treatment has brought new decisions that involve the entire water treatment process on our planet. New technologies and have emerged with a focus on low cost, sustainability and methods for water treatment, which have been researched and implemented in different spheres raise awareness about water preservation, being it a greater asset for common use in our daily lives. Among these new technologies for water treatment are filter gardens, also known for artificial systems of wetlands by aquatic plants. The system is advantageous and aesthetically favorable when using plants as a means of filtering the solid parts. It was presented in the work a model garden filter on a scale model for academic purposes, having as a method of analysis the basis in research of real models in gray water treatment. All the work was carried out based on evidence focusing on the efficiency and results of the gardens in the treatment of gray waters, which aims to present a natural, ecological and sustainable condition, and with a focus on economics, reuse of raw materials, landscaping, awareness in schools and academic programs.

**Keywords:** filter garden; water treatment; gray waters; plants, natural condition.

## 1. INTRODUÇÃO

Sabemos que a água é um recurso indispensável em termos de quantidade e qualidade para o desenvolvimento humano e manutenção dos ecossistemas e de seus serviços (EMBRAPA, 2013). No entanto, com o crescimento demográfico que gera demandas crescentes do recurso em sistemas de abastecimento doméstico, industriais e para processamento e produção de alimentos, o mau e exagerado uso decorrente do gerenciamento inadequado, tem impactado fortemente nos parâmetros essenciais de manutenção do recurso, tanto pelo consumo como pela consequente geração de efluentes industriais e domésticos que o contaminam (MILLER, 2014).

Com esta problemática, e por conta da falta de saneamento básico que atinge todos os níveis da população, o fornecimento de água e de sistemas de coleta e tratamento de esgoto, aparece como importantes pontos cada vez mais estudados e discutidos. Segundo dados do Instituto Trata Brasil (2017), o consumo mais elevado ainda é oriundo das grandes regiões metropolitanas, mas em áreas rurais o problema se torna mais complexo assim como em regiões isoladas do país, já que o conhecimento acerca dos riscos e sobre sistemas alternativos é escasso.

Grande percentual da população se encontra à margem dos serviços de coleta de esgoto e tratamento de água, e sem esses serviços há grandes riscos à sua saúde e qualidade de vida. Dados apontam, porém, que a tendência é que o saneamento básico em áreas rurais continue em uma velocidade menor em relação às áreas urbanas, pela complexidade das regiões, distâncias e pela baixa concentração de pessoas, tornando inviável a construção das tradicionais redes de coleta e tratamento (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017). Uma alternativa que visa contribuir para a solução da problemática e para a melhoria do tratamento de efluente doméstico que consiste em águas cinza, são os jardins filtrantes que apresentam condições interessantes como uma ótima eficiência, fácil instalação e custo baixo (EMBRAPA, 2013).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013), o sistema de tratamento de águas também conhecido como jardim filtrante, consiste em um tratamento que pode ser considerado como uma alternativa para dar destino adequado ao esgoto proveniente de pias, tanques e chuveiros, ricos em sabões, detergentes, restos de alimentos e gorduras – a chamada “água cinza”. O sistema jardim filtrante é feito de um pequeno lago com pedras, areia e plantas aquáticas onde o esgoto é tratado, e com uma manutenção muito simples, contribui com a sustentabilidade do meio ambiente e ainda traz harmonia paisagística (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

O projeto do jardim filtrante traz uma nova visão na área do tratamento de águas cinza, com uma forma de gerenciamento ambiental nas áreas urbanas e uma alternativa barata e ao mesmo tempo com uma pegada visual que traz uma tecnologia bonita visualmente.

Neste cenário, o presente projeto visou realizar o planejamento e montagem de um modelo de jardim filtrante complementar ao uso de uma fossa séptica biodigestora, com visibilidade que sensibilize populações quanto à importância do tratamento de seus efluentes e se torne uma opção de instalação (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A poluição das águas doces tornou-se uma preocupação mundial, seja pela perda em quantidade ou em qualidade e pelo impacto que gera as vidas humanas (ANA, 2020) A poluição hídrica ocorre quando qualquer junção ou mistura é responsável pela alteração das propriedades da água, afetando a saúde de pessoas, animais e vegetais, normalmente causada pelo lançamento inapropriado de resíduos industriais, agrícolas e esgotos domésticos sem tratamento.

Esgoto sanitário doméstico é o “despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas”. O esgoto doméstico é originado a partir da água advinda do abastecimento e, portanto, sua medida resulta da quantidade de água consumida, onde 99,9% deste esgoto doméstico é composto por água e os outros 0,1% de sólidos (IBGE, 2020). Esse é o composto que este estudo se destina a tratar com o advento do jardim filtrante.

Os Jardins Filtrantes surgem a partir desse cenário, como um tratamento alternativo para descontaminação natural baseado em um modelo de áreas alagadas, à imagem de áreas de brejo, pântanos e várzeas. Áreas alagadas são importantes para os ecossistemas, por conta da reciclagem de nutrientes dos meios aquáticos e depuração físico-química (EMPRAPA, 2013).

Naturalmente, a flora age nos processos de ciclagem de água e nutrientes, a observação de tais processos possibilitou o desenvolvimento de técnicas que recriassem esse serviço natural em modelos previamente calculados e destinados a tratamentos específicos. Dessa forma, os resíduos derivados de efluentes sanitários e esgotos, ou as “águas cinza”, poderiam ser tratados por mecanismos montados com plantas aquáticas (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

Os Jardins Filtrantes, chamados também de artificiais de zonas úmidas, vem ganhando forças pela sua aceitação por tudo mundo, sendo um sistema com aspectos de design natural, fácil construção e operação, além de custo benefício bastante vantajoso.

A tecnologia é de origem francesa e sua aplicação como alternativa de tratamento teve início em meados da década de 1970, na Alemanha, e a partir de então há diversos estudos e aplicações. O jardim filtrante também pode ser utilizado para tratamento de efluentes, sendo uma técnica bastante utilizada como alternativa secundária ou terciária, responsável por diminuir na remoção de nutrientes e redução de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) do efluente, sendo que as metodologias de implantação e modelos variam de acordo com o efluente tratado e eficiência final desejada para a remoção dos poluentes do curso d'água, além das possibilidades de paisagismo (TONETTI, 2018).

O processo para a utilização do sistema alternativo do Jardim Filtrante no tratamento biológico depende da utilização de áreas úmidas e plantas aquáticas, sendo necessário avaliar o clima, área e espécies. Os sistemas artificiais funcionam principalmente com foco na zona ativa, que é a região das raízes das plantas utilizadas (rizosfera), essa região concentra os processos físico-químicos e biológicos ocasionados da interação de plantas, microrganismos, solo e poluição (TONETTI, 2018).

É de extrema importância para funcionamento adequado do projeto, o emprego de plantas macrofilas aquáticas, conhecidas por estarem sempre situadas em brejos, lagos, ou um cursos

de água doce, salobra e salgada; essas espécies de plantas são caracterizadas como vegetais, que durante sua evolução retornam do ambiente terrestre para o aquático, mantendo suas características (EMBRAPA, 2013). O uso de vegetais para a melhoria das condições físico-químicas de meio aquoso é muito conhecido e aplicado no tratamento de efluentes (TONETTI, 2018) e nesse caso os efeitos são maximizados.

Os requisitos para as plantas utilizadas no Jardim Filtrante são: tolerância climática, adaptação ecológica, tolerância nas condições de inundação, resistência a poluentes, rápido crescimento, disseminação e desempenho adequada do sistema para remoção de poluentes (COOPER, 1998). Basicamente para a instalação do jardim filtrante, utiliza-se a raiz de plantas e os microrganismos presentes nelas e no meio para filtrar os poluentes químicos do efluente, sendo uma tecnologia considerada de baixo custo, comparada a outras tecnologias, além de sua manutenção simples e com baixa frequência, pois o sistema é composto por areia, pedras e as plantas (TONETTI, 2018).

O sistema jardim filtrante é usado para um tratamento de esgoto alternativo e correto de resíduos de chuveiros, pias, misturas de sabões, gorduras e restos de alimentos, chamada de “água cinza”, correspondendo entre 50% a 80% da água residual de uso doméstico. A “água cinza” não é a mesma que “água negra” (proveniente do vaso sanitário, pela alta composição dos produtos biológicos contaminantes). Ela recebe esse nome por se tratar de uma água turva e, portanto, apesar de seu grau ser inferior a “água cinza” também é muito importante ser realizado um tratamento para destinação correta, por se tratar de um resíduo impregnado de sabões e detergentes (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) e Organização das Nações Unidas (ONU) vêm realizando alerta sobre a escassez da água doce do mundo, sendo um recurso natural mais disputado pela maioria dos países, por isso a importância da reutilização da “água cinza”, podendo ser utilizada para irrigação, lavagem de pisos, vaso sanitário, entre outras limpezas em geral. E mesmo assim, se não há um interesse para o reaproveitamento da água pós-tratamento pelo jardim filtrante, ela será descartada com baixa concentração de contaminantes prejudiciais para a fauna, flora e curso d’água (EMBRAPA, 2013).

O jardim filtrante contribui com a sustentabilidade trazendo harmonia paisagística para o meio ambiente, com manutenção simples, sendo uma tecnologia adaptada pela Embrapa em conjunto com a fossa séptica biodigestora e do clorador (EMBRAPA, 2013). Essa técnica

pode ser aplicada em locais com zonas úmidas naturais, dando preferência à construção de sítios artificiais para evitar qualquer tipo de alteração do ambiente.

A utilização de plantas aquáticas para o tratamento de água justifica-se por sua intensa capacidade de absorver nutrientes e pelo crescimento acelerado, oferecendo também facilidades na sua retirada e pelo amplo uso de sua biomassa (SEZERINO, 2003).

No sistema natural de tratamento de esgoto são utilizadas plantas específicas que têm a função de poder realizar o tratamento do solo e também de executar a limpeza de esgotos. As plantas servem como recurso natural para a formação deste sistema, que tem por objetivo limpar os resíduos indesejáveis. Os sistemas de tratamento de esgotos são ditos naturais quando se baseiam na capacidade de ciclagem dos elementos contidos nos esgotos em ecossistemas naturais, sem o fornecimento de quaisquer fontes de energia induzida para acelerar os processos bioquímicos, os quais ocorrem de forma espontânea (SEZERINO, 2003).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Este projeto foi desenvolvido de maneira que seja compatível com modelos de fossa séptica biodigestores desenvolvidas pela EMBRAPA (2017), dessa forma, buscou-se um sistema de jardim filtrante que intensifique os resultados do citado modelo e que possa ser implementado com baixo custo e facilidade de manutenção, o modelo selecionado foi criado por EMBRAPA (2013).

Buscava-se, identificar uma comunidade rural que não dispõe de sistemas de saneamento e que notadamente sofre com problemas decorrentes de água de baixa qualidade para implantação *in situ* do modelo.. Então, partiu-se para levantamento de uma população compatível e foi identificada uma vila rural localizada em área de preservação ambiental. A recepção, no entanto, não prosseguiu como esperado e os moradores demonstraram desconfiança e insegurança quanto ao sistema.

Dessa forma, o projeto foi orientado para a criação de um protótipo móvel, do tipo maquete, para fins didáticos que pudesse melhor ajudar no processo de sensibilização, tirar dúvidas e tranquilizar a população para que possa tomar decisão em segurança quanto à

aplicação do sistema em sua vila. A segunda etapa, assim, foi prática e envolveu o estudo do modelo desenvolvido pela EMBRAPA (2013) e sua adaptação para uma maquete transportável.

### **3.1. Materiais utilizados para montagem do jardim filtrante em modelos reais.**

O importante é que o modelo trouxesse o máximo da realidade de como ficará o modelo, então foram levantados os materiais reais para sua instalação. Os materiais necessários para montagem de um jardim filtrante para uma residência de até cinco pessoas são (EMPRAPA, 2013):

- 1 geomembrana de EPDM ou equivalente (7 m x 4 m);
- 2 membranas geotêxteis (Bidin) (7 m x 4 m);
- 2 flanges para geomembrana (100 mm) ou equivalente;
- Pedra britada nº 2 ou 3 (2 m<sup>3</sup>);
- Tela de nylon (1,2 m x 10 m);
- Areia grossa (2,5 m<sup>3</sup>);
- Plantas aquáticas e ornamentais, também conhecidas como plantas macrófitas (que habitam brejos e alagados);
- Caixa d'água (50 a 100 litros) – retenção de resíduos sólidos;
- Caixa de gordura (DN 100) com tampa;
- Tubulações e conexões de PVC (6 m tubos de PVC 100 mm).

Tais materiais foram analisados e adequados ao projeto, que foi desenhado de maneira que se torne de fácil compreensão e objeto de estudo. Assim, precisava ser:

a) próximo em termos de construção do projeto original; b) translúcido para facilitar análise das camadas; c) leve o suficiente para viabilizar transporte; d) durável e de fácil manutenção.

Assim, após análises, os materiais originais foram reavaliados, testados e optou-se pelos materiais descritos na Tabela 1, com seus respectivos custos.

Tabela 1. Materiais utilizados.

Item	Material	Qtd	R\$	Valor
1	Placa de acrílico 1000 mm x 2000 mm de 4 mm	1	378,35	378,35
2	Cola para acrílico	1	80,00	80,00
3	Estilete para acrílico	1	20,50	20,50
4	Placa de automação	1	52,80	52,80
5	Mini bomba e fonte de alimentação	1	96,16	96,16
6	Eletrodo	1	7,08	7,08
7	Mangueira 5m	1	7,50	7,50
8	Rodízios	6	17,73	106,38
9	Tubo / PVC 1/2"	1	7,59	7,59
10	Cola PVC	1	8,90	8,90
11	Registro esfera de PVC 1/2"	1	23,09	23,09
12	Joelho de PVC 1/2"	12	1,49	17,88
13	Luva de PVC 1/2"	1	0,99	0,99
14	Tê de PVC 1/2"	2	1,29	2,58
15	Metalon 3cm x 3cm	4	34,75	139,00
16	Chapa de MDF 40x50 3mm	3	9,60	28,80
			Total	R\$ 977,60

Fonte: Dos autores (2020).



Note que os custos foram expostos de maneira que possibilite orçar modelos de maquete móveis como a desenvolvida.

### **3.2. Etapas para a implantação do sistema jardim filtrante**

Partiu-se, então para o estudo do processo de construção e implantação do modelo, segundo Embrapa (2013). As etapas fundamentais são listadas abaixo:

- Defina a área para instalação do sistema na residência;
- Antes da entrada do Jardim Filtrante, realize a instalação de uma caixa de decantação (de 50 a 100 litros) e uma caixa de gordura;
- Realize a interligação da parte hidráulica para receber o esgoto das pias, chuveiros e lavagem de roupas;
- Cave uma abertura no solo com 50 cm de profundidade com área superficial de 2m<sup>2</sup> para cada morador;
- Realize a impermeabilização em todo o fundo e as laterais com a geomembrana de EPDM protegida por uma camada geotêxtil;
- Interligue todas as tubulações de entrada e saída do sistema Jardim Filtrante;
- Utilize a brita e areia grossa para preenchimento da caixa; em seguida encharque com água, a fim de evitar formações de lâmina d'água e para não permitir a procriação de mosquitos;
- Plante somente plantas aquáticas (ex: taboa, papiros, paisagístico, etc.), para retirar a poluição da água durante seu crescimento. Para esse sistema alternativo também se pode utilizar flores que suportam um meio saturado com água, como o copo-de-leite, helicônia e o lírio-do- -brejo, além de ornamentos, como pedras brancas.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

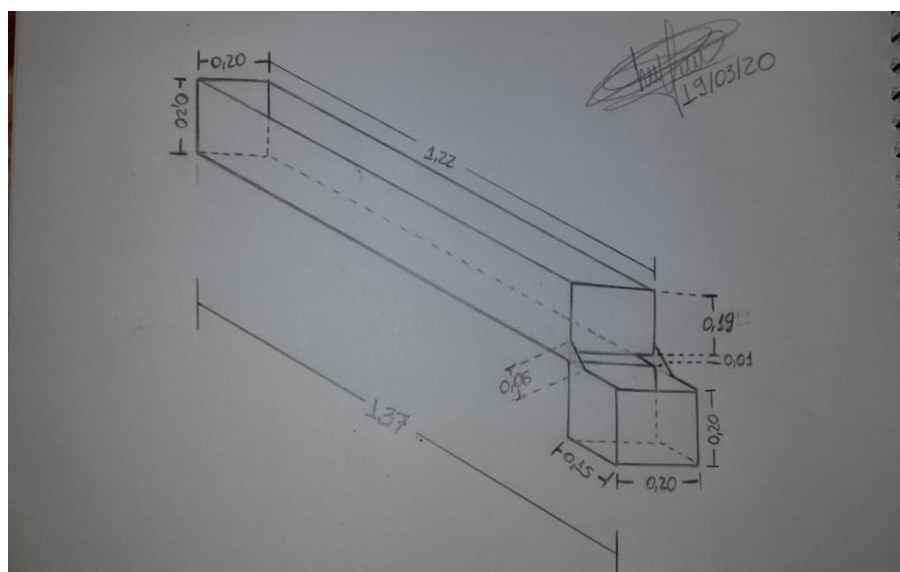
A ideia inicial para implantação do projeto jardim filtrante em conjunto com o biodigestor, seria em campo em uma vila rural situada no Território de Gestão da Serra do

Japi (JUNDIAÍ, 2004) no município de Jundiaí – São Paulo. No segundo semestre de 2019, agendamos com todos os moradores da vila para apresentação do projeto em estudo, ilustrando pesquisas e comprovações que o projeto apresentaria bons resultados e viabilidade aos moradores. Foram levados folders com ilustrações coloridas, explicações e proporções. Após a visita, por maioria dos votos, os moradores não concordaram com a implantação do projeto *in loco*, explicitando insegurança quanto ao modelo.

No primeiro semestre de 2020, entendemos que seria mais interessante primeiro criar uma maquete ou protótipo que demonstrasse em tempo real o funcionamento do sistema e pudesse ser estudado e testado. Optamos por um modelo móvel para viabilizar o trabalho de educação ambiental contínuo e em diferentes comunidades, em uma escala menor, com baixo custo, que propiciasse fácil entendimento do sistema na prática. A ideia foi aprovada e iniciamos a fabricação do protótipo.

A escala real para implantação do sistema jardim filtrante em uma área rural ou residencial é de  $1\text{m}^2$  por habitantes (EMBRAPA, 2013). Então, criamos um modelo em escala que se adaptasse melhor às nossas prerrogativas e iniciamos o levantamento de materiais e custos de acordo com o dimensionamento do projeto criado (Figura 1), as adequações foram sendo realizadas para que fosse possível atender os objetivos, observando custo, transparência do modelo, peso para transporte, mobilidade e facilidade de manutenção.

Figura 1. Ideia inicial do protótipo jardim filtrante.



Fonte: Dos autores (2020).

Com o processo de montagem buscamos os parâmetros similares aos do jardim filtrante proposto no modelo da Embrapa (2013), que possui parâmetros e metodologias que demonstrou em estudos ser eficaz e de baixo custo, atendendo não só as pequenas famílias, mas também áreas urbanas. O sistema para estudo foi simulado em uma escala de 1 para 20, destinado ao tratamento da chamada “água cinza”.

As camadas em escala menor foram colocadas cuidadosamente para que o projeto protótipo fosse idêntico e fácil entendimento a um projeto real. A montagem da estrutura metálica sendo toda base inferior, realizamos a montagem da caixa de acrílico simulando a abertura do solo. Após a instalação da caixa, utilizamos um plástico preto para ilustrar a manta impermeabilizante, conseqüentemente, a colocação das camadas, sendo 4 cm de pedrisco, 2 cm de feltro e 6 cm de areia grossa (EMBRAPA, 2013).

Após toda montagem externa e interna do protótipo, utilizamos mudas de plantas inhame para simulação em uma área rural e o enchimento de água na caixa para início dos testes (Figura 2). No projeto foi utilizada a planta inhame por apresentar grande aceitação no tratamento de águas cinza, suas raízes são responsáveis de absorver e filtrar alguns tipos de micropoluentes, partindo para despoluição das águas, deve-se observar, no entanto, que o tratamento não ocorre somente pelas plantas utilizadas no sistema, mas também pelos microrganismos que se multiplicam. Note que para o resultado ser ainda mais eficiente há possibilidade de implantar espécies vegetais variadas.



Figura 2. Protótipo jardim filtrante finalizado.

Fonte: Dos autores (2020).

Partiu-se assim, para a etapa de teste do modelo, o volume da caixa do protótipo jardim filtrante é de  $0,006\text{m}^3$ , com uma vazão de 0,5 Litros para 12 minutos, ou seja, 2,5 Litros a cada 1 hora. Após enchimento da caixa e com todo o sistema estabilizado, utilizamos um volume de 200 ml de água para realizarmos os testes iniciais. No primeiro teste, levou-se 6:99 segundos para escoamento até a saída do jardim filtrante. No segundo teste, 6:33 segundos, e no terceiro teste o tempo foi de 6:13 segundos.

Ao iniciarmos o primeiro teste, analisamos que após a circulação da água pelo ciclo no sistema jardim filtrante, a água foi drenada em boas condições para uso, com sua cor incolor (Figura 3), baixa turbidez, sem cheiro, podendo ser reutilizada como, por exemplo, em uma área residencial e principalmente em áreas rurais, para irrigação de plantas, lavagem de calçadas, etc.



Figura 3. Análise qualitativa da água após passagem pelo protótipo jardim filtrante.

Fonte: Dos autores (2020).

A implantação do sistema jardim filtrante é bastante funcional, barata e viável para o local estudado, pois sua principal função através das plantas aquáticas é purificar e renovar os resíduos domésticos encontrados nas águas de pias, ralos e chuveiros circulando pelo jardim para seu reaproveitamento (EMBRAPA, 2013). A educação ambiental é outro assunto essencial nos dias de hoje, aplicando técnicas eficazes, para que assim o projeto tenha aceitação de grandes áreas como interesses públicos e privados (EMBRAPA, 2013).

São inúmeros os benefícios após implantação do sistema de tratamento alternativo, incluindo a valorização da área pelo jardim, direcionamento e descarte adequado das águas domésticas residuais, irrigação de plantas após seu reaproveitamento, lavagem de calçadas e fins e dessedentação de animais (conforme sua classificação), redução na fatura e custos domésticos com a reutilização da água da rede de abastecimento pela companhia de água a depender do volume de água gerado pelo sistema (MILLER, 2014).

A supervalorização do espaço é o aspecto mais observado durante a implantação do jardim filtrante, pois ele além do tratamento do efluente trouxe sua função paisagística para

um ambiente possivelmente com um espaço antes desprezado. Essa melhoria foi observada no protótipo que demonstra com excelência a beleza do jardim criado.

Com o objetivo de divulgar a eficiência do jardim filtrante, o protótipo se mostra uma boa escolha. Há como analisar questões de estética, escala, funcionamento e implantação. Finalmente, se destaca que a reutilização da população de plantas pode ser feita para compostagem, que, posteriormente pode ser utilizada para adição nos canteiros de hortaliças ou de maneira ornamental.

## **5. CONCLUSÃO**

Com base no projeto, concluímos que sistema alternativo Jardins Filtrantes é eficiente no tratamento de efluente sanitário proveniente de “água cinza”, pois se trata de um projeto de baixo custo, fácil manutenção e conforme pesquisas realizadas, o sistema comprova resultados como DBO, pH, temperatura e sólidos sedimentáveis bastante eficientes (EMBRAPA, 2013). O uso dos Jardins Filtrantes no tratamento de esgotos sanitários cresceu substancialmente nos últimos anos por todo o mundo, sendo a maior escala em instalações de pequeno e médio porte, como áreas rurais, agricultores, entre outros (SEZERINO, 2003).

O sistema alternativo também já está disponível nas literaturas atuais, pela sua eficiência em diversas aplicações. Foi viável encontrar modelos e descrições de eficiência, implantação e sobre espécies empregadas no sistema. No entanto, não foram encontrados muitos dados sobre modelos instalados em áreas rurais no Brasil.

As críticas mais circunstanciais se relacionam à necessidade de uma área grande para instalação do equipamento, mas que pode se resolvido se aproveitadas áreas verdes e ou de lazer, pensando também no tratamento de esgotos em áreas urbanas (POTT, 2002). O protótipo demonstrou bem que o caráter estético foi um diferencial ao sistema.

Quanto à manutenção e o custo para instalação, nota-se que realmente é um sistema de baixo custo, com materiais acessíveis, espécies de plantas variadas e de fácil cuidado e de fácil manejo e implementação. A análise ocorreu tanto para o protótipo quanto em comparação com as etapas levantadas para o modelo real.

Pensando nos benefícios analisados, pudemos comprovar que o sistema funciona como esperado e pode contribuir na redução da poluição de rios e do impacto à fauna, fornecendo também melhorias na qualidade do ar local, reduzindo efeitos de ilhas de calor, poluição sonora do local, entre outros. A partir dos resultados qualitativos adquiridos neste estudo, recomendamos o uso de filtros plantados com macrófitas para estabilização no tratamento da “água cinza”.

## 6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. *Água Subterrânea 2010*. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-subterranea>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS - EMBRAPA. **Fossa Séptica Biodigestora. São Carlos, 2001**. Disponível em < <https://www.embrapa.br/> >. Acesso em: 02 de outubro de 2017.

CENTRO DE ORIENTAÇÃO AMBIENTAL TERRA INTEGRADA – COATI. *Serra do Japi: Reserva Hídrica da Região de Jundiá*. **Boletim do COATI, ed. 5, 2013**. Disponível em: <<http://www.coati.org.br/boletim-do-coati/>>. Acesso em: 29 out. 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. *Águas Subterrâneas*. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/informacoes-basicas/poluicao-das-aguas-subterraneas/>>. Acesso em: 15 mai. 2020.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Jardins filtrantes: soluções tecnológicas. 2013**. Disponível em: [www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1307/jardim-filtrante](http://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1307/jardim-filtrante). Acesso em: 05 abr, 2020.

FUNDAÇÃO SERRA DO JAPI. A Serra do Japi. Disponível em: <<http://serradojapi.jundiai.sp.gov.br/institucional/>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Município de Jundiá, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/jundiai/panorama>>. Acesso em: 05 abr. 2020.

INSTITUTO TRATA BRASIL - Organização da Sociedade Civil de Interesse Público. **Saneamento básico, como é o cenário do saneamento básico em área rural. 2017**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2017/02/09/o-saneamento-em-area-rural/>. Acesso em: 10 jul, 2020.



MILLER, G. TYLER. *Ciência Ambiental*. **11° ed. SP. Cengage Learning, 2014**. Acesso em: 10 jul, 2020.

POTT, V. J.; POTT. A.. **Potencial do uso de plantas aquáticas na despoluição da água. 2002**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/556127/potencial-do-uso-de-plantas-aquaticas-na-despoluicao-da-agua> >. Acesso em: 30 de setembro de 2017.

SEZERINO, P. H.; PHILIPPI, L. S. **Filtro plantado com macrófitas (wetlands) como tratamento de esgotos em unidades residenciais – Critérios para Dimensionamento**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 22, Joinville, 1-30. 2003. Acesso em 10 mai, 2020.

TONETTI, A. L. et al. **Tratamento de Esgotos Domésticos em Comunidades Isoladas. Referencial para a escolha de soluções. 1ª Edição Outubro 2018**. Biblioteca Unicamp, Campinas-SP. 2018. 153 Páginas. Acesso em: 10 mai, 2020.