

## DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA PARA USO COMO FERRAMENTA DE ENSINO SOBRE O TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

**Marcelo Marcelino** (Centro Universitário Padre Anchieta)  
**Reginaldo Piceli** (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

O presente trabalho destinou-se a apresentar uma opção de tratamento de efluentes domésticos de forma descentralizada principalmente para a população rural, devido à deficiência de saneamento básico público nessas áreas, a proposta foi a fabricação de um protótipo de uma Fossa Séptica Biodigestora, tecnologia desenvolvida pela Embrapa que tem como finalidade o tratamento das “aguas negras” provenientes do vaso sanitário das residências, que são comumente lançadas *in natura* causando impactos ambientais, sociais e a disseminação de doenças de veiculação hídrica. O despejo inadequado desse tipo de efluente vem trazendo sérios prejuízos para a população rural que sofre diretamente as consequências de suas ações impensadas. Apesar da Fossa Séptica Biodigestora já ser usada largamente no meio rural, o conhecimento sobre esse sistema ainda não chegou à maioria dos lares, e foi possível verificar resistência à sua implantação. O intuito do projeto assim, foi a fabricação de um protótipo do biodigestor para disseminar o conhecimento de uma maneira mais palpável e que permita maior interação com o sistema, esperando que dessa forma mais pessoas possam ser sensibilizadas quanto à problemática e implantem um modelo simples e viavelmente econômico que contribua para a melhoria de seu problema de saneamento básico, melhorando com isso a sua saúde e preservando o meio ambiente. A construção foi bem sucedida e a maquete funciona de maneira automática, é de fácil transporte e manutenção e permite visão de cada componente de diferentes ângulos.

**Palavras-chave:** Saneamento Básico; Fossa Séptica Biodigestora; Efluentes; Maquete.

**ABSTRACT:** The present work aims to present an option of treatment of domestic effluents in a decentralized way mainly for the rural population, due to deficiency of public basic sanitation in these areas, the proposal to be presented is the manufacture of a prototype of a Biodigester Septic Tank, a technology developed by Embrapa that has the purpose of treating “black water” from household sewage, which are commonly released without treatment causing environmental, social impacts and the spread of water transmission diseases. The inadequate discharge of this type of effluent has been causing serious damage to the rural population that directly suffers the consequences of their thoughtless actions. Although the Biodigester Septic Tank is already widely used in rural areas, knowledge about this system has not yet reached most homes, and it was possible to verify resistance to its implantation. The purpose of the project, therefore, was to manufacture a prototype of the biodigester to disseminate knowledge in a more palpable way that allows greater interaction with the system, hoping that this way more people can be made aware of the problem and implement a simple and economically viable that contributes to the improvement their basic sanitation

problem, thereby improving their health and preserving the environment. The construction was successful and the model works automatically, it is easy to transport and maintain and allows each component to be viewed from different angles.

**Keywords:** Basic Sanitation; Biodigester Septic Tank; Effluents; Model.

## 1. INTRODUÇÃO

A disposição e o correto tratamento dos efluentes de origem doméstica é uma problemática importante que causa efeitos graves para a qualidade ambiental e para a saúde humana. O cenário do aumento populacional e a intensificação das construções e instalações que recebem as populações, principalmente em áreas desprovidas de sistemas de saneamento é visto em diferentes regiões do mundo agravando a contaminação ambiental, o tratamento adequado dos efluentes domésticos é fundamental para assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água, saneamento básico e melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejos e minimizando a liberação de produtos químicos perigosos, reduzindo a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura (ONU, 2015).

A título de exemplo, no Brasil, em estudo desenvolvido pelo Instituto Trata Brasil, foram calculados os volumes de efluentes domésticos lançados diariamente em diferentes meios: solo, córregos, rios, mar e demais cursos hídricos e, chegou-se à soma de 2.091.080 m<sup>3</sup>/dia produzidas pelas 100 maiores cidades brasileiras (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017a).

Vale destacar que, mesmo em cidades com expressivos índices de coleta e tratamento de esgoto, encontra-se uma porcentagem da população que não tem acesso ao tratamento adequado. É de conhecimento que a falta de saneamento básico é um problema que vem se agravando em todo o país, desde a ocorrência em grandes centros onde há mais infraestrutura, com maior impacto para populações em áreas periféricas ou rurais, em que há menor disposição de equipamentos urbanos e sistemas de abastecimento e coleta de efluentes domésticos (IBGE, 2010).

Segundo dados da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2017a) 29,8 milhões de pessoas vivem na zona rural, e estas pessoas estão permanentemente expostas aos riscos de contrair doenças infecciosas ou parasitárias, que são contraídas pelo contato direto com o esgoto doméstico ou através da contaminação do lençol freático. A situação se agrava pelo uso comum nestas áreas de sistemas mais precários como a fossa negra ou sumidouros, em

que são escavados poços sem nem um tipo de impermeabilização, e neste poço é depositado todo o efluente doméstico que em contato com o solo e proximidade ao lençol freático, ocasiona sua contaminação.

A cidade de Jundiaí-SP, apresenta dados expressivos de eficiência e eficácia com relação ao volume de esgoto coletado e tratado (IBGE, 2010; INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017b).

Atualmente 98% do município é atendido com coleta, afastamento e tratamento de esgoto, os outros 2% estão concentrados na zona rural, que a partir de 2012/2013 começou a ser atendida com a inauguração de 2 miniestações de tratamento de esgoto (São José e Fernandes), com a inauguração dessas estações a empresa responsável pelo saneamento passou a atender e levar benefícios também a população da zona rural, onde predominavam fossas sépticas. A capacidade de tratamento da estação principal é de 1530 l/s, sendo 2520 l/s no pico, com eficiência atual de remoção de carga orgânica de 94% (DAE, 2019).

No entanto, há que se salientar que uma grande área de ocupação rural presente no município não tem acesso ao sistema. A região reconhecida como Território de Gestão da Serra do Japi (JUNDIAÍ, 2004), por seu zoneamento e vocação de preservação ambiental, fica de fora do tratamento disponibilizado pela empresa de saneamento e seus moradores tratam por si de seus efluentes.

Para resolver problemáticas como a apresentada, agências e institutos têm pesquisado e proposto alternativas a serem implantadas pelos moradores. Um exemplo é o modelo desenhado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, que propõe uma fossa séptica simples, projetada para tratar o efluente de residências rurais com até cinco moradores (EMBRAPA, 2014). Com este sistema, o esgoto é lançado dentro de um conjunto de três caixas de água, ligadas umas às outras como um biodigestor que permite o tratamento do esgoto e ainda gera como afluente o biofertilizante que pode ser usado como adubo para as plantas (EMBRAPA, 2014).

À medida em que as fossas sépticas forem sendo implementadas em ambientes rurais ou fora dos sistemas de abastecimento e coleta de esgoto, espera-se que haja redução da contaminação do solo, córregos e cursos d'água, sendo que o ecossistema regional também ganha com a melhoria da qualidade do solo e água. Por esse motivo, a fossa séptica é um instrumento de saúde pública e de melhoria da qualidade de vida no campo, com um custo acessível podendo ser incorporado em programas de saneamento nas áreas rurais.

Vale ressaltar que tais benefícios, no entanto, não são de conhecimento da população em geral e que muitos membros de comunidades ou residentes em áreas sem acesso aos sistemas de saneamento tendem a resistir a intervenções originando a necessidade de ações de educação ambiental que ajudem a melhor esclarecer a questão e propiciar melhorias a todos (PELICIONI, 2004).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo desenvolver um protótipo de tratamento de efluentes domésticos, de baixo custo e boa eficiência, que possa ser transportado, montado e operado em salas de aula, exposições, palestras e ONG's com a finalidade de facilitar o ensino e o entendimento sobre o funcionamento do sistema de tratamento de efluentes domésticos e, por consequência, despertar o interesse e a consciência ambiental, desde o ensino fundamental até o superior, independente da área de estudo ou atuação profissional dos participantes. Sendo a principal finalidade do modelo apresentar uma alternativa para dar destino adequado ao esgoto proveniente de vasos sanitários das residências rurais, as chamadas "águas negras" (EMBRAPA, 2013).

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Em 05 de janeiro de 2007 a Lei Federal 11.445/2007 instituiu a Política Federal de Saneamento Básico (BRASIL, 2007), que tem como uma de suas diretrizes a garantia de meios apropriados para o atendimento da população rural dispersa, mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas, sociais e topográficas peculiares de cada região (FUNASA, 2017b).

O Brasil apresenta grande falta de eficiência e eficácia no acesso ao saneamento básico à sua população, especialmente quando se trata da população que vive na zona rural, que vem sentindo todo o efeito causado pela falta que este serviço público traz para suas vidas e saúde (IBGE, 2010). Especialistas da área de saúde estimam que para cada um real investido em saneamento, quatro reais são economizados no tratamento das doenças que a ausência dessa infraestrutura provoca. Conforme dados do Sistema Único de Saúde, os gastos com o tratamento de doenças ligadas à falta de higiene chegam a R\$ 300 milhões por ano (FUNASA, 2017b).

Segundo dados da (EMBRAPA, 2017a), o país se encontra entre os três maiores produtores agrícolas do mundo, tendo em nosso território condições favoráveis para o

crescimento do agronegócio, dentre as quais podemos mencionar a: disponibilidade de terras agricultáveis, abundância de água, tecnologia de ponta, luminosidade, clima favorável e solo.

Com todas essas condições, as tendências indicam que esse setor vai abrir novas vagas de trabalho para a zona rural, aumentando ainda mais sua população e dessa forma, inevitavelmente, teremos maiores volumes de efluentes domésticos sendo despejados no meio ambiente de maneira inadequada, poluindo as fontes de água potável e causando doenças na população da zona rural.

A ocupação rural e o uso de terras, considerando suas aptidões naturais, se ocorrer de maneira sustentável é um benefício importante para qualidade de vida humana e ambiental, ao minimizar o êxodo rural e o aumento das paisagens fabricadas que são altamente impermeabilizadas, no entanto, o planejamento correto para receber essas novas populações e amparar tal desenvolvimento é essencial (GASPAR, 2003). Os sistemas de captação de água, de tratamento e disposição de efluentes se tornam peças chaves.

Os serviços de saneamento prestados a esta parcela da população apresentam elevado déficit de cobertura. Conforme dados do censo demográfico de 2010 (Tabela 1), é possível observar que o maior déficit ocorre no componente esgotamento sanitário, onde 54,2% dos domicílios possuem atendimento precário e 28,6% são considerados sem atendimento. Em seguida, está o componente manejo de resíduos sólidos, em que 69,5% dos domicílios são considerados sem atendimento e 3,6% com atendimento precário. Por fim, aparece o componente abastecimento de água que tem 35,4% dos domicílios em situação de déficit.

Tabela 1: Caracterização da situação em relação ao déficit em saneamento rural no Brasil.

Serviço de Saneamento	Situação do Serviço					
	Adequado		Déficit			
			Atendimento Precário		Sem Atendimento	
	Nº de domicílios	%	Nº de domicílios	%	Nº de domicílios	%
Abastecimento de água	5.224.326	64,6%	1.392.989	17,2%	1.474.988	18,2%
<b>Esgotamento sanitário</b>	<b>1.387.456</b>	<b>17,1%</b>	<b>4.390.060</b>	<b>54,2%</b>	<b>2.314.786</b>	<b>28,6%</b>
Manejo de resíduos sólidos	2.180.154	26,9%	291.881	3,6%	5.620.268	69,5%

Fonte: Dos autores (2020), com dados do Censo Demográfico - IBGE, 2010.

O Gráfico 1 abaixo permite uma melhor visualização das proporções. Cabe ressaltar ainda que, neste caso, a qualidade da água não foi considerada, apenas o tipo de solução adotada. Portanto, o percentual de domicílios com atendimento precário em abastecimento de água pode ser maior.

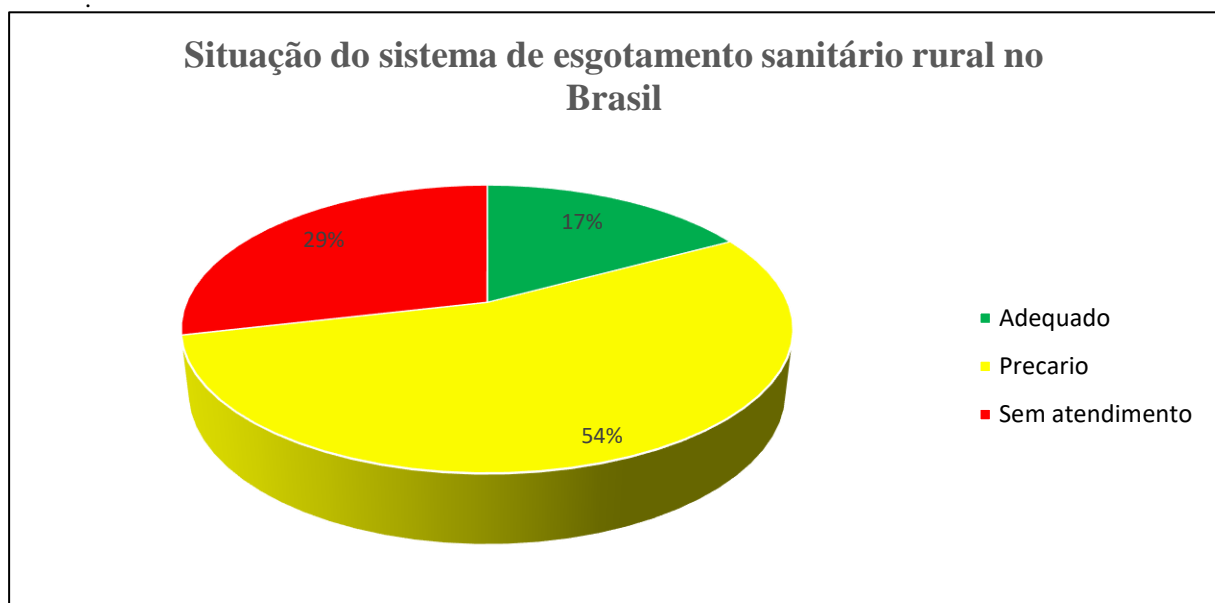


Gráfico 1: Serviço de saneamento sanitário prestado a população rural no Brasil.

Fonte: Dos autores (2020), com dados adaptados do Censo Demográfico - IBGE, 2010.

Considerando uma população de 210.147.125 pessoas (IBGE, 2019) e que, de um total de 5.570 municípios brasileiros, apenas 3206 possuem o serviço de esgotamento sanitário por rede coletora. Os sistemas de tratamento descentralizados se mostram como alternativa viável e economicamente acessível, principalmente para a população rural, mostrando grande eficiência de remoção de DBO e DQO, na ordem de 68% a 80% e 73% a 87%, respectivamente (FUNASA, 2017c). Com base nos resultados apresentados, nota-se a necessidade de sistemas alternativos e complementares para a resolução da falta de saneamento básico na área rural.

## 2.1 Educação ambiental e alternativas de saneamento.

De acordo com (MILLER, 2014) a poluição das águas pode ocorrer de fonte única ou de várias fontes desconhecidas, a grande questão é como essa poluição, independente da proveniência afeta a saúde ambiental e a qualidade de vida das pessoas. Nesse sentido, qualquer sistema de tratamento já traz alguma melhoria que pode ajudar na saúde das populações.

Por desconhecimento, no entanto, muitos optam por apenas instalar fossas em suas propriedades, sem estudo prévio tanto em relação às adjacências para evitar contaminação de poços de captação de água ou espaços agricultáveis como em relação ao isolamento para que o material não contamine solo e águas subterrâneas. Assim, sistemas de baixo custo e que possibilitem melhorias são muito bem vindos mas devem ser desenvolvidos com cautela e análise prévia do local de instalação, da vazão necessária, quanto a materiais e processos, etc (GASPAR, 2003).

A necessidade de tais estudos e a disponibilidade de sistemas diferentes, além das intervenções que devem ser feitas para instalação podem inibir que comunidades busquem alternativas. As pessoas tendem a resistir ao desconhecido e essa verdade é recorrente quando se envolve o meio ambiente e a saúde ambiental e humana.

Desenvolver modelos que permitam caminhar rumo à situações mais sustentáveis e alavancar um novo pensamento coletivo de ânsia por melhorias é fundamental (PELICIONO, 2004). Modelos palpáveis e a possibilidade de efeitos casados podem atrair o interesse das populações e ajuda-los a se envolver em projetos de implementação de sistemas de tratamento.

No caso de biodigestores, o processo de biodigestão anaeróbica ocorre através de bactérias existentes, entre outros lugares, no sistema gastrointestinal dos humanos e animais, o processo de biodigestão anaeróbica ocorre na ausência de oxigênio e luminosidade e ao consumir a matéria orgânica as bactérias promovem uma fermentação, gerando gases como: o metano, o dióxido de carbono e amônia, que podem ser canalizados e utilizados como fonte de energia, assim, em um modelo de fossa séptica biodigestora de baixo custo, desenvolvido com caixas separadoras, o processo fermentação e consumo da matéria orgânica e dos coliformes ocorre nas primeiras caixas, sendo que na última caixa fica armazenado o efluente líquido estabilizado, que poderá ser utilizado como biofertilizante (EMBRAPA, 2017a).

Diante disso, há tratamento e geração de insumo, nosso estudo, então, busca apresentar uma proposta para o sistema de tratamento de efluente doméstico descentralizado que possa melhorar a realidade vivida pela população rural e o uso do protótipo seria uma ferramenta para facilitar a exposição e o entendimento aos interessados em relação a este sistema, permitindo a visualização do funcionamento, mostrando a simplicidade e a facilidade de instalação e operação do sistema, assim como sua eficiência no tratamento dos efluentes domésticos.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto teve como ponto de partida o modelo desenvolvido pela EMBRAPA (2017), o memorial descritivo foi desenvolvido para atender com um sistema de tratamento de águas negras, de baixo custo, uma residência com 5 pessoas. O intuito inicial foi a aplicação de um modelo em tamanho real com vias de atender a demanda em uma comunidade rural que não dispõe de sistemas de saneamento.

Dessa forma, a primeira etapa metodológica foi selecionar uma comunidade para estudo, no caso do presente projeto, uma vila rural localizada em área de preservação ambiental. Os moradores foram contatados por intermédio da Fundação que cuida da área de preservação e foi realizada uma reunião seguida de visita técnica.

A etapa *in situ* possibilitou colher informações suficientes para concluir sobre a necessidade de criação de um protótipo do tipo maquete para fins didáticos. Então, partiu-se para a segunda etapa do projeto com a análise do modelo da EMBRAPA (2017b) e realização de memorial de cálculo que possibilitou a criação do sistema em escala, o escopo do projeto de confecção.

#### 3.1 Escopo do projeto.

Foram considerados para o desenho do protótipo: a) adequação ao projeto base; b) contribuição visual para facilitar caráter didático; c) autonomia do sistema; d) possibilidade de fácil deslocamento para apresentações; e) rigidez e durabilidade da estrutura.

Foi então desenvolvido o design para a fabricação do protótipo da Fossa Séptica Biodigestora que deu origem ao escopo do projeto, vide Figura 1. Note que o ponto de partida foi a construção de uma estrutura metálica, de padrão delgado e sem revestimentos ou



coberturas para visualização do sistema em diferentes ângulos, facilitando a compreensão; então, foram consideradas três caixas no sistema como no projeto base, optou-se por caixas com transparência que demonstrassem as entradas dos dutos; o protótipo é dotado de rodas e em módulos que se encaixam para facilitar o transporte; finalizando, foi desenvolvido dispositivo elétrico para funcionamento do sistema com acionamento de interruptor.

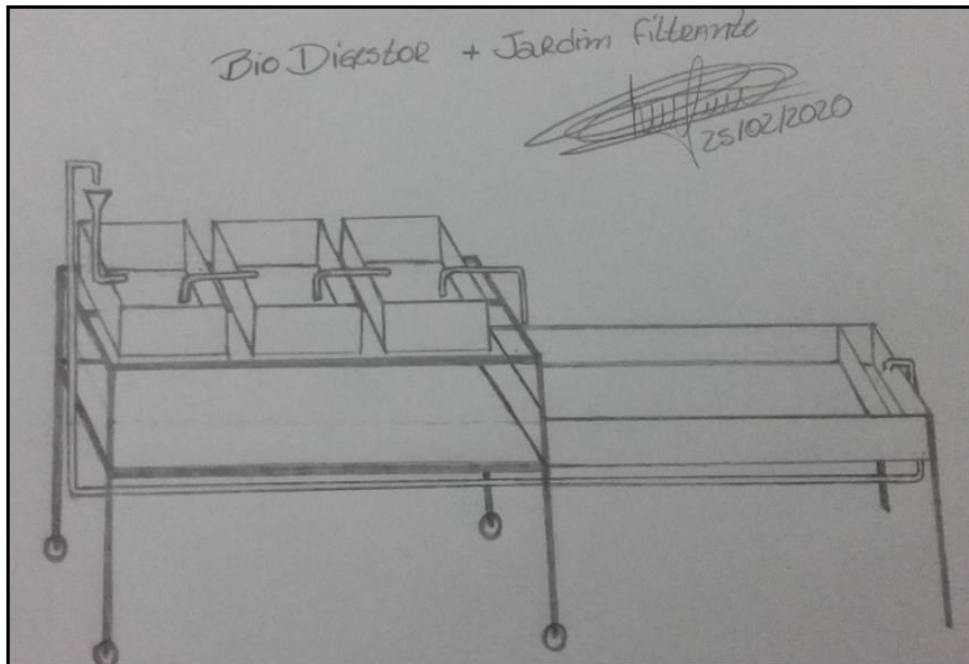


Figura 1: Esboço do biodigestor.

Fonte: Dos autores (2020).

### 3.2 Confeção do Protótipo.

Os materiais empregados na construção do protótipo do sistema de biodigestor estão apresentados na Tabela 2 e na Tabela 3 podem ser visualizadas as ferramentas que possibilitaram o processo.

Tabela 2: Materiais utilizados na construção da maquete do biodigestor.

Materiais	Quantidade	Unidade
Cantoneira 1" x 1" x 1/8" aço carbono	5	m

<b>Metalão 1" x 1" x 1/8" aço carbono</b>	10,2	m
<b>Eletrodo 6013 de 2,5mm</b>	1,5	kg
<b>Roldanas de silicone</b>	4	Unid.
<b>Caixas plástica 20L</b>	3	Unid.
<b>Cano PVC 1/2"</b>	6	m
<b>Flange PVC 1/2"</b>	6	Unid.
<b>Joelho PVC 90° 1/2"</b>	4	Unid.
<b>Adaptador PVC 1/2"</b>	3	Unid.
<b>Caps PVC 1/2"</b>	3	Unid.
<b>Cola para PVC</b>	1	Unid.
<b>Lixa</b>	2	Unid.
<b>Tinta acrílica branca</b>	1	L
<b>MDF - 1 placa (0,8m x 0,8m x10mm)</b>	1	Unid.
<b>Mangueira de PVC</b>	6	m
<b>Bomba de aquário 12v</b>	1	Unid.
<b>Disco de corte 7" para ferro</b>	4	Unid.
<b>Isopor</b>	1	Unid.

Fonte: Dos autores (2020).

Tabela 3: Ferramentas e equipamentos utilizados na montagem da maquete do biodigestor.

<b>Ferramentas e equipamentos</b>	<b>Quantidade/unidade</b>
<b>Furadeira 220v</b>	1
<b>Lixadeira de corte 220v</b>	1
<b>Cerra de ferro manual</b>	1
<b>Máquina de solda elétrica 220v</b>	1
<b>Martelo</b>	1
<b>Trena</b>	1
<b>Esquadro</b>	1
<b>Nível</b>	1
<b>Pistola para cola quente 220v</b>	1
<b>Rolo para pintura</b>	2
<b>Sargento</b>	1

Fonte: Dos autores (2020).

A estrutura de suporte do sistema foi desenvolvida com material metálico nas seguintes especificações: 4,22 metros de cantoneira de aço carbono de 1" x 1" x 1/8" e 10,20 metros de metalão de aço carbono de 1" x 1" x 1/8".

Para que fosse possível realizar o corte da cantoneira e do metalão foi utilizada uma lixadeira com disco de corte apropriado para corte de metal e disco de desbaste para acabamento, para a união das peças foi utilizada máquina de solda elétrica com eletrodo para

aço carbono do tipo 6013 de 2,5mm. Já para viabilizar a movimentação da estrutura, foram instaladas quatro roldanas giratórias com freio, com base metálica e roldanas de silicone de 2”.

A maquete do sistema de biodigestor, por sua vez, foi desenvolvida com emprego de três caixas retangulares de acrílico com tampa com capacidade de 20 litros cada, para interligar as caixas de água do sistema foi utilizado tubo e conexões de PVC marrom de ½ polegada que foram fixadas com flanges nas caixas e com cola específica para PVC nas conexões. Para simular os sólidos em suspensão nas caixas, foi utilizado isopor na cor branca, pintado na cor marrom e disposto na primeira caixa.

Para a recirculação da água e simular a descarga do vaso sanitário da maquete da casa, foi utilizada uma bomba de aquário 220 V com vazão informada de 90 a 120 litros/hora, acionada por um interruptor instalado na lateral da maquete.

Finalmente, para a confecção da maquete da casa, foi utilizado MDF de 10mm de espessura, para o corte do MDF, optou-se pelo uso de serra tico-tico com serra específica para madeira, e para fixação das peças, a cola quente com aplicador elétrico.

Para as apresentações da maquete as caixas deverão ser enchidas até o seu nível máximo. O fluxo do efluente no sistema se dará por pequenos desníveis existentes entre as tubulações que interligam as caixas, já com a finalidade de evitar transbordamento do sistema a bomba captará a água da última caixa para simular a descarga do vaso sanitário existente na maquete da casa, na Figura 2 é possível ver o protótipo.



Figura 2: Corte e preparação dos materiais, montagem da estrutura e do protótipo.

Fonte: Dos autores (2020).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

A busca pelo entendimento da real situação vivida pela população rural, nos levou a uma visita técnica promovida pela instituição de ensino Centro Universitário Padre Anchieta em parceria com a Fundação Serra do Japi e com o Centro de Orientação Ambiental Terra Integrada, em uma vila localizada em meio a uma área de preservação ambiental na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo.

A vila se situa no interior do Território de Gestão da Serra do Japi, uma área de preservação ambiental que segue o zoneamento disposto pela Lei municipal 417/2004 (JUNDIAÍ, 2004), sendo assim, a vila não dispõe de recursos de saneamento que não chegam até o local e carecem de um sistema alternativo tanto para melhora de sua qualidade de vida quanto para o meio ambiente. No entanto, mesmo com agendamento prévio da reunião com os moradores locais, houve pouca adesão e durante a reunião, percebeu-se a falta de interesse de alguns presentes tanto em função de uma visão negativa e desnecessária sobre a mudança em sua realidade em relação ao saneamento básico como pela preocupação da possibilidade de terem de arcar com custos, mesmo havendo explicação de que a ONG arcaria com o projeto.

Com a reunião prejudicada, optou-se por uma visita *in situ* imaginando que uma vez levantadas as residências e identificadas as áreas que poderiam receber os sistemas, poderia ser melhor explicado ao moradores com demonstração das dimensões e melhor contextualização do projeto. Novamente, porém, mesmo com a apresentação do sistema em material impresso, a população local apresentou dificuldade no entendimento do sistema e resistência ao projeto.

Foi nesse momento que surgiu a ideia de construção de uma maquete para ser usada como ferramenta para auxiliar a disseminar o conhecimento de maneira clara, palpável e lúdica. Entende-se que ao visualizar a maquete é despertada a curiosidade de manuseá-la, ampliando assim as possibilidades de aprendizagem, ao utilizar esse procedimento metodológico, contribui-se para a percepção das relações do homem com o ambiente e para compreensão da dinâmica do processo de transformação da realidade em que ele se encontra inserido, a maquete além de poder ser utilizada nas salas de aula em todos os níveis de ensino,

também pode ser transportada e apresentada em feiras de ciência, comunidades, associações, etc. Com o uso da maquete podemos explorar várias possibilidades de ensino como a preservação ambiental, saneamento básico, biologia, hidráulica, projetos, entre outros, além de proporcionar a visualização do sistema dentro da realidade dos ouvintes.

#### **4.1 Problemáticas e adaptações.**

No momento inicial da construção da maquete para demonstrar um sistema biodigestor, dava-se a impressão que seria uma tarefa fácil, porém, encontramos algumas dificuldades nessa etapa, como por exemplo: a escolha do material a ser usado para simular as caixas d'água, encontramos alguns modelos de caixas com de 50 L no mercado, mas devido ao seu volume e custo elevado tornaria nosso projeto inviável, neste momento ocorreu a primeira mudança do projeto inicial, a solução encontrada foi adaptar três caixas organizadoras de 20 L para montar o reservatório de água, também optou-se pelo uso de caixas transparentes para facilitar o entendimento através da visualização do fluxo do efluente no interior das caixas. Salienta-se todavia, que deve ficar claro que para um sistema real as caixas devem inibir a passagem de luz pois a luminância comprometeria o processo de biodigestão realizado pelas bactérias anaeróbicas (EMBRAPA, 2017b).

Com as mudanças, houve a necessidade de adaptar outros processos durante a fabricação, pois as caixas escolhidas eram fabricadas de material termoplástico e ao tentar furar a primeira caixa para instalar as conexões com uma serra copo, esta se quebrou. Então, em busca de alternativas, concluiu-se que um tubo metálico aquecido seria o mais adequado para realizar os furos onde seriam instaladas as conexões de PVC que interligariam o sistema, o que deu certo. Outra dificuldade encontrada foi no sistema de bombeamento que realiza a recirculação da água do final do processo para o início, simulando a descarga do vaso sanitário e dando uma vazão ao sistema de acordo com os acionamentos das descargas, no primeiro momento testamos algumas bombas indicadas para uso em aquário mas as mesmas apresentaram pouca vazão e baixa capacidade de transpor o desnível do sistema, através de pesquisas em comerciantes especializados, encontrou-se uma bomba indicada para a construção de maquetes que solucionou o problema, também surgiram alguns problemas estruturais durante a montagem do biodigestor, como por exemplo, a falta de suporte para impedir o deslizamento e queda das caixas durante o transporte do sistema, para a correção,

utilizou-se uma cantoneira de 1” soldada nas laterais da estrutura para fixar as caixas impedindo sua movimentação e queda.

Durante a organização das caixas do biodigestor na estrutura surgiu a ideia de construir uma maquete para representar uma residência e também serviria para abrigar a bomba e toda a instalação elétrica, dando segurança aos usuários pelo enclausuramento do sistema elétrico, para facilitar possíveis necessidades de manutenção a maquete foi pensada com teto removível e, ainda pensando na segurança, as mangueiras de água e os fios da instalação foram embutidos na própria estrutura do sistema inibindo o contato e dando maior resistência mecânica aos cabos da extensão. Durante os primeiros testes de bombeamento, percebeu-se que a mangueira estava pendurada, então foram instalados alguns suportes na parte inferior da estrutura para dar sustentação à mangueira.

#### **4.2 Funcionamento do protótipo do biodigestor.**

Ao acionar a descarga, inicia-se o fluxo do efluente no sistema através da recirculação da água captada pela bomba no final do ciclo, deste modo o efluente é direcionado por gravidade a partir da descarga da bomba até a primeira caixa e assim sucessivamente devido ao desnível existente entre as caixas, esse desnível deve ser mínimo, mas obrigatoriamente deve existir para que haja um escoamento laminar e proporcional ao regime de entrada do efluente no sistema. Na primeira caixa foram adicionados flocos de isopor pintado na cor marrom para simular os sólidos suspensos em decomposição, nas primeira e segunda caixas é onde ocorre o processo de biodigestão por meio das bactérias anaeróbicas existentes e fundamentais para o funcionamento do sistema. O resultado pode ser observado na Figura 3.



Figura 3: Protótipo do biodigestor abastecido.

Fonte: Dos autores (2020).

Durante os testes funcionais do sistema foi possível levantar alguns dados quantitativos referentes à vazão da bomba e à vazão do sistema, baseados no tempo de acionamento da descarga. Para a análise foram realizados três acionamentos para obter o volume de 200ml, os resultados foram os seguintes: no primeiro acionamento, demorou-se 6,9 segundos para coletar 200ml de água, no segundo acionamento, o tempo transcorrido foi de 6,2 segundos e no terceiro 6,3 segundos, a média destes valores apresentou uma vazão final de  $200\text{ml}/6,5\text{s}$  ou aproximadamente  $1\text{L}/32,5\text{s}$ , totalizando  $110\text{L}/\text{h}$  dados coerentes, pois se encontra entre os valores mínimo ( $90\text{L}/\text{h}$ ) e máximo ( $120\text{L}/\text{h}$ ) fornecidos pelo fabricante da bomba.

Com os dados de vazão da bomba realizou-se outra análise referente a vazão do sistema do biodigestor, com o sistema estabilizado acionou-se a descarga injetando 500ml de efluente no sistema e verificou-se o tempo de saída em relação ao de entrada coletando o mesmo volume em um recipiente graduado, essa análise apresentou uma vazão de  $1\text{L}/5\text{minutos}$ .

Considerando que um biodigestor real instalado em uma residência para até cinco pessoas necessita de uma vazão mínima aproximada de 300L/dia (EMBRAPA, 2017b), e que o protótipo fabricado foi idealizado em uma proporção de 1:50, escoariam pelo protótipo simulando uma situação proporcional, aproximadamente 6 litros de efluente, que seriam descarregados no sistema por 25 acionamentos de 8 segundos da descarga ao longo do dia, descarregando aproximadamente 240ml de efluente no protótipo a cada descarga.

Mesmo não tendo sido a principal preocupação dos idealizadores do protótipo o mesmo pode ser facilmente melhorado para um funcionamento real, pequenas adaptações proporcionariam testes com efluentes reais, sejam estes efluentes antrópicos ou animais. Entende-se, no entanto, que para a perenidade da maquete, por segurança e para possibilitar inclusive a demonstração das peças e materiais será mais interessante manter o sistema apenas com água e simuladores de sólidos, higienizando-o sempre que necessário.

Como sugestão para futuras atividades educativas ambientais envolvendo o protótipo, os organizadores podem solicitar aos participantes que identifiquem as necessidades de melhoria necessárias para por o sistema em funcionamento real por meio da ação das bactérias anaeróbicas, e solicitar uma tabela de materiais necessários para este trabalho de melhoria do protótipo. Os trabalhos necessários seriam a pintura das caixas na cor preta visto que a luminosidade atrapalha as atividades de decomposição realizadas pelas bactérias anaeróbicas e por último a instalação de uma saída de gases real, pois a existente no protótipo é apenas ilustrativa e está vedada para inibir o vazamento de água durante o transporte.

Para a partida do sistema também seria necessário adicionar 100 gramas de esterco bovino fresco em 400ml de água, além de abastecer o biodigestor com essa solução na primeira caixa do protótipo e a partir dessa adição seria necessário simular as descargas de efluentes no sistema, pensando em realizar as descargas proporcionais ao sistema real seriam necessárias 25 adições diárias de 240ml cada na mesma proporção da solução usada para a partida do sistema, distribuídas em um intervalo de 24 horas, feito isso na primeira semana, já é possível analisar o afluente do sistema que poderá ser coletado da descarga da terceira caixa e armazenado para ser usado como biofertilizante para plantas.



## 5. CONCLUSÃO

O protótipo do biodigestor contribuirá significativamente em práticas pedagógicas, proporcionando aos envolvidos a visualização de um sistema funcional já existente e com eficiência comprovada, com baixo custo de instalação e de fácil manutenção. Experiências anteriores mostram que a dinâmica utilizada para apresentações envolvendo protótipos prendem a atenção dos envolvidos e proporcionam a discussão de temas relacionados às questões econômicas, sociais e ambientais, além de despertar a curiosidade pela visualização tridimensional do sistema operando de forma proporcional à realidade, despertando o interesse e a visão crítica sobre a importância da preservação do meio ambiente em que se está inserido.

O projeto final do protótipo de biodigestor foi além das expectativas iniciais, pois durante o andamento do processo de construção do sistema novas ideias foram surgindo e abrindo novas possibilidades de uso, a princípio o protótipo foi pensado apenas para a finalidades pedagógicas, porém, seu uso pode ir muito além e levar o conhecimento a comunidades rurais carentes sobre a necessidade de tratamento de seus efluentes e a facilidade de implantação deste sistema. O protótipo auxiliará nesse entendimento e a partir da ideia de tratamento do efluente doméstico poderá ser levantada a necessidade e a importância do tratamento do efluente para a preservação do solo, dos recursos hídricos e da saúde individual e coletiva, visto que as doenças de veiculação hídrica podem ser disseminadas para áreas distantes do ponto onde existiu o lançamento irregular do efluente.

Por fim, esse estudo nos forneceu uma ferramenta para divulgação de um sistema de tratamento de efluente doméstico descentralizado para aplicação em áreas rurais, haja vista a falta de investimento público nessas áreas, com base na experiência com a comunidade visitada, entendemos que se faz necessário maior atenção dos governantes em relação a programas sociais que financiem a implantação de sistemas de tratamento de esgoto doméstico rural.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRASIL. *Lei Federal nº 11.445/2007, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.*

Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>  
Acesso em: 28 ago. 2019.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, **Tecnologia sociais de Eco-habitação**. 2013. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1109190/1/DOC19002.pdf>>  
Acesso em: 08 fev. 2020.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, **Soluções tecnológicas fossa séptica biodigestora**. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/721/fossa-septica-biodigestora>> Acesso em: 01 set. 2019

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Trajatória da agricultura brasileira**. 2017a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>> Acesso em: 8 nov. 2019.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, **Memorial descritivo: Montagem e operação da fossa séptica biodigestora**. 2017b. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1081476/memorial-descritivo-montagem-e-operacao-da-fossa-septica-biodigestora>>. Acesso em: 01 set. 2019.

Departamento de Água e Esgoto – DAE. Jundiaí. **Esgoto**. Disponível em: <<https://daejundiai.com.br/esgoto/>>. Acesso em: 05 set. 2019.

Fundação nacional de Saúde – FUNASA. Panorama do Saneamento Rural no Brasil. 2017a. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/panorama-do-saneamento-rural-no-brasil>>. Acesso em: 09 set. 2019.

Fundação nacional de Saúde – FUNASA. **Para cada real investido em saneamento se economiza na saúde**. 2017b. Disponível em: < [http://www.funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset\\_publisher/lpnzx3bJYv7G/content/-cada-real-gasto-em-saneamento-economiza-nove-em-saude-disse-ministro-da-saude?inheritRedirect=false](http://www.funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset_publisher/lpnzx3bJYv7G/content/-cada-real-gasto-em-saneamento-economiza-nove-em-saude-disse-ministro-da-saude?inheritRedirect=false)> Acesso em: 22 nov. 2019.

Fundação nacional de Saúde – FUNASA. **Programa nacional de saneamento rural PNSR. 2017c**. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/programa-nacional-de-saneamento-rural-pnsr>> Acesso em: 18 nov. 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multidominio/cultura-recreacao-e-esporte/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=downloads>>. Acessado em: 15 jan. 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e estatística – IBGE. **IBGE divulga as estimativas da população dos municípios para 2019**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25278-ibge-divulga-as-estimativas-da-populacao-dos-municipios-para-2019>> Acesso em: 15 out. 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL **Ranking do saneamento instituto trata Brasil, 2017a.** Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/2017/relatorio-completo.pdf>> Acesso em: 12 out. 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Como é o cenário do saneamento básico em área rural. 2017b.** Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/blog/2017/02/09/o-saneamento-em-area-rural/>>. Acesso em: 24 ago. 2019.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo - PR. 2003. 106 f.** Dissertação (Mestrado em Planejamento e Estratégia Organizacional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC.

JUNDIAÍ. **Prefeitura do município de Jundiaí. Lei Complementar n°417, de 29 de dezembro de 2004.** Disponível em: <<https://serradojapi.jundiai.sp.gov.br/wp-content/uploads/2015/10/Municipal-Jundia%C3%AD-2004-Lei-Complementar-417.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2019.

JUNDIAÍ. **Prefeitura do município de Jundiaí. Secretaria do meio ambiente. Plano de manejo reserva biológica municipal da serra do Japi.** Disponível em: <https://jundiai.sp.gov.br/planejamento-e-meio-ambiente/wp-content/uploads/sites/15/2014/08/Reserva-Biol%C3%B3gica-da-Serra-do-Japi-%E2%80%93-Plano-de-Manejo.pdf>; Acesso em: 18 out.2019.

MILLER, G. TYLER. **Ciência Ambiental.** 11° ed. SP.Cengage Learning, 2014.

PELICIONI, M. C. F. **Fundamentos da Educação Ambiental.** In: PHILIPPI JÚNIOR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. Curso de Gestão Ambiental. São Paulo: Manole, 2004.

Organização das Nações Unidas – ONU. **Acelerando as transformações para a agenda 2030 no Brasil, 2015.** Disponível em: < <http://www.agenda2030.com.br/>> Acesso em: 16 out. 2019.