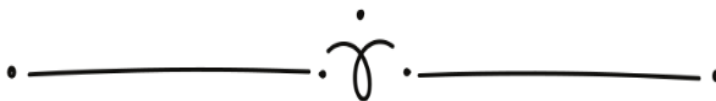


## CAPÍTULO 3



# **SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS PÓS FOSSA SÉPTICA, EM HABITAÇÃO DA ZONA RURAL NA CIDADE DE CATENDE-PE, UTILIZANDO WETLAND CONSTRUÍDO**

Submetido em: 02 de outubro de 2020.

Aceito em: 08 de outubro de 2020.

*Nayara Natália Silva de Lima Araújo<sup>1</sup>*  
*Cícero Fellype Diniz de Santana<sup>2</sup>*

### **RESUMO**

A falta de saneamento básico em grande parte dos municípios brasileiros, causa uma série de problemas, tanto relacionados com a disponibilidade hídrica, quanto ao favorecimento de doenças de vinculação hídrica devido a ineficiência ou escassez de infraestruturas de saneamento, principalmente em áreas rurais, o que afirma a necessidade de preservação, reuso e tratamento da mesma. Neste estudo foi proposto um sistema de tratamento de esgoto doméstico, objetivando contribuir através minimização da poluição e melhoria da qualidade da água para posterior reuso,

---

<sup>1</sup> nayaradeliima@gmail.com

<sup>2</sup> cicero.esa@hotmail.com

composto por fossa séptica associada a *wetland* construído vertical, em uma residência pertencente a comunidade do Engenho Oricuri, na zona rural do município de Catende-PE. Foram estabelecidos parâmetros de dimensionamento para o sistema, coletados através de inspeções à campo para verificação da área disponível, de forma a considerar suas limitações para construção do sistema, população residente e análise do efluente doméstico. Por fim, após análise do efluente obteve-se os parâmetros DBO, fósforo total, Nitrogênio amoniacal total, Oxigênio dissolvido e sólidos sedimentáveis que, quando comparados com a literatura, apresentaram viabilidade de eficiência após passagem pelo sistema e condição adequada de despejo em corpo hídrico, pertencentes a classe 2 conforme a Resolução 430/2011 do CONAMA, 2011 com o uso da macrófita *Chrysopogon zizanioides* (Capim Vetiver). O uso do sistema *wetland* construídos pós fossa séptica também mostrou-se um meio rentável através do uso da flor *Zantedeschia aethiopica* (copo-de-leite), a ser plantada no tanque.

**Palavras-chave:** Saneamento básico. Dimensionamento. Pós-tratamento. Reuso.

## INTRODUÇÃO

O descarte indevido de efluentes em rios, lagos e corpos hídricos em geral, polui o meio ambiente e afeta o ciclo hidrológico, prejudicando não somente a disponibilidade dos recursos hídricos, como também os sistemas de abastecimento, a saúde pública, bem como na propagação de doenças, à exemplo da leptospirose. No ano de 2008, 12% dos municípios brasileiros foram afetados por esta doença e em 3% destes obtiveram-se óbitos. Quando o despejo correto dos efluentes, principalmente domésticos, acontece com tratamento adequado, a qualidade de vida da população atendida, preservação do meio ambiente e o aspecto corpos hídricos melhoram significativamente. Algo que pode ser considerado compensatório, uma vez que o Brasil vem enfrentando uma grave crise hídrica, envolvendo disponibilidade e distribuição da água, ao longo das últimas décadas (KRONEMBERGUER, 2011).

A Organização das Nações Unidas (ONU, 2010), declara que existem mais mortes por ano ocasionado pelas águas contaminadas do que todas as formas de violência no mundo. Dentre as várias tecnologias desenvolvidas no empenho de resolver esse problema, os sistemas de tratamento *Wetlands*, apresenta-se como opção viável e

proporciona uma alternativa para o tratamento de esgoto, com destaque para o uso em áreas rurais, combatendo o problema tanto socialmente quanto economicamente (ANDRADE, 2012).

O sistema de acordo com Iaqueli (2016), é composto por camadas filtrantes de areia e brita, podendo ser utilizado também outros materiais, como bambu ou casca de arroz. O sistema também possui um componente de depuração com plantas macrófitas, que absorvem nutrientes, como nitrogênio e fosforo, assim, de maneira conjunta tratando o efluente.

## **MÉTODOLOGIA**

Foi realizado um estudo de caso onde foi observada a situação real da localidade em estudo situada no município de Catende-PE, em uma residência localizada na zona rural do município. A partir da definição dos parâmetros de projeto, foi executado o dimensionamento do sistema wetland construído pós fossa séptica, através das normas da ABNT e dos métodos apresentados por Metcalf e Eddy (1991).

## **Universo e amostra**

A residência rural estudada, está localizada na zona rural pertencente a cidade de Catende-PE na comunidade do Engenho Oricuri), localizada na mesorregião da Mata Pernambucana, microrregião da Mata Meridional, ocupando 160,3 km<sup>2</sup> do estado.

O acesso da cidade Catende se dá através da BR-101, e PE-126/120, está a 142 km de Recife capital do estado é constituída pelo município sede (Catende) e mais dois distritos, Roçadinho e Laje Grande, possui população estimada segundo IBGE (2016) de 41.865 habitantes, população rural de 8.958 (IBGE, 2010), limita-se ao sul com a cidade de Maraial, ao norte com Bonito, ao leste de Palmares e a oeste com a cidade de Jaqueira. Localiza-se a uma latitude 08°40'00" sul e a uma longitude 35°43'00" oeste, estando a de 168 metros do nível do mar, inserida no no bioma da Mata atlântica (IBGE, 2016). Na Figura 1, é apresentado a localização do Municio Catende-PE.

Figura 1: Localização da Cidade de Catende-PE.



Fonte: IBGE,2017. Adaptado por (Autoria própria).

Com o clima tropical chuvoso, Catende apresenta grande quantidade recursos hídricos mesmo tendo o verão seco. As águas subterrâneas presentes na região advêm do domínio hidrológico fissural, os cursos das águas superficiais da cidade que se encontra nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Una, têm escoamento perene e drenagem dendrítico. Em um estudo realizado pelo ministério de minas e energia (2005), de diagnóstico do município de Catende e projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, observou-se que foi

cadastrado na cidade cerca de 34 poços d'água onde 33 encontra-se em operação e 1 não instalado e/ou paralisado, 97% das águas subterrâneas é composta por água doce e 3% salobra, de acordo com o uso, 47% é destinado para consumo humano, 46% para uso geral e 7% para outros tipos de usos, sendo 27 fontes naturais, 1 poço escavado e 6 poços tubulares, de forma que 32 destes poços estão localizados em propriedades particulares, o que não isenta a necessidade de preservação do mesmo. Esses dados e informações possuem sua relevância por evidenciar quais os recursos hídricos mais impactados pela falta de medidas de saneamento na zona rural da cidade (MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA, 2005).

Segundo a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos – SRHE (2005), no que se refere ao sistema de esgotamento, a cidade Catende apresenta um Índice de esgotamento sanitário de 51,48%, é operado autonomamente pelo serviço autônomo de água e esgoto - SAAE Catende, possui um total igual a 9.975 de domicílios existentes, destes 5.900 possui rede de esgoto e 4.075 não, boa parte destes localizada em zona rural.

Segundo o Governo do Estado (2016), a cidade em questão exporta água do Rio Pirangi à Barragem do Prata

localizada em Bonito, beneficiando 800 mil pessoas através da Adutora do Pirangi e estações elevatórias, garantindo assim o abastecimento hídrico há cidade de Caruaru e regiões do agreste como Agrestina, Santa Cruz do Capibaribe, Riacho das Almas, Passira, Cumaru, Toritama, Altinho, Ibirajuba e Cachoeirinha, entre outros distritos da região.

### **Procedimento de coleta e análise de dados**

A coleta de dados ocorreu mediante a inspeção do sistema de esgotamento sanitário e a disposição final do efluente da residência estudada, sendo possível adquirir informações importantes ao dimensionamento. A quantidade de moradores residentes foi de 4 moradores. O terreno total possui aproximadamente  $200m^2$ , com um espaço viável de implantação para aplicação do sistema proposto de aproximada de  $70m^2$ . O sistema de esgotamento já existente na residência (Figura 2), trabalha de forma à despejar o efluente ao ar livre, aumentando do risco a saúde dos moradores.



Figura 7: Residência selecionada para estudo, na zona rural de Pernambuco.



Fonte: Autoria própria, 2017.

Os efluentes do banheiro (vaso sanitário, lavatório, ralo do chuveiro), efluentes da Cozinha, são dispostos a uma única tubulação, e o efluente do tanque de lavar roupas está disposto diretamente a superfície do solo, mas segue o mesmo fluxo da tubulação dos efluentes do banheiro e da cozinha sem nenhum tratamento. Este efluente não tratado é

despejado em um córrego a frente a residência e se encontra com outro córrego que por sua vez vem de um reservatório menor, carregando os poluentes domésticos para um rio a jusante.

É apresentado na Figura 3, o encontro do efluente doméstico com o fluxo de água de saída do reservatório menor e Bica Oricuri próximo da residência rural de estudo.

Figura 3: Fluxo do esgoto doméstico.



Fonte: Autoria própria, 2017.

Através das visitas à campo foi possível constatar que próximo a residência do estudo, encontra-se uma das fontes naturais de água Catende-PE, proveniente de águas de nascentes subterrâneas, intitulada popularmente como “bica Ouricuri” (Figura 4), utilizada por parte dos habitantes catendenses, principalmente da zona rural, onde fazem uso destas fontes para consumos humanos e atividades domésticas.

Figura 4: Bica Ouricuri, na zona rural de Pernambuco.



Fonte: Autoria própria, 2017.

## Definição do meio suporte do sistema wetland construído.

A escolha do meio de suporte foi feita com base na realização de levantamento na literatura entre alguns autores como Kadlec e Wallace (2009); Tomaz (2010); Metcalf e Eddy (1991). Onde foi observado os meios filtrantes mais utilizados e que apresentam eficiência satisfatória no sistema de tratamento wetland construído, são eles: Areia grossa e brita 2 com características conforme Tabela 1, segundo Weber (2015), adotados neste estudo devido a eficiência também como sua acessibilidade.

Tabela 1: Características do material filtrante.

| <b>Características</b>                               | <b>Areia Grossa</b> | <b>Brita n°2</b> |
|--|---------------------|------------------|
| Diâmetro efetivo (mm)                                | 0,6 - 2             | 6 - 20           |
| Porosidade ( $\alpha$ )                              | 0,39                | 0,51             |
| Condutividade hidráulica, ks ( $m^3 / m^2 \cdot d$ ) | 0,48                | 0,59             |
| Constante de primeira ordem de temperatura K20       | 1,35                | 0,87             |

Fonte: Adaptado de Weber, (2015) citado por NBR 13969 (BRASIL, 1997); NBR 6502 (BRASIL, 1995); METCALF & EDDY (1991); ANDRADE (2012);

### **Coleta da amostra do efluente da residência em estudo**

O efluente foi coletado no local de despejo, por meio de um sistema implantado no dia 15 de outubro de 2017 composto por 1 balde de 30 litros que foi adaptado com torneira para facilitar a coleta, sobras de tubos de 50 mm e joelhos PVC de 100mm e uma adaptação feita com balde a fim de conectar os tubos de coleta com o tubo de desejo do efluente de forma que induzisse o fluxo para confinamento no balde e posteriormente feito o armazenamento como apresentado a Figura 5.

Figura 5: Sistema de captação do efluente doméstico.



Fonte: Autoria própria, 2017.

A coleta foi realizada no dia 17 de outubro de 2017 com o uso de luvas, funil e cinco garrafas pet, armazenando um total de aproximadamente 2,5 litros conforme a Figura 6.

Figura 6: Coleta do efluente doméstico.



Fonte: Autorial Própria, 2017.

No mesmo dia da coleta, o material foi armazenado nos recipientes que foram isolados da ação da luminosidade e da variação da temperatura em uma caixa de isopor envolvidos com alumínio, como apresentado na Figura 7 e encaminhado para serem feitas análises microbiológicas, que foram realizadas, no laboratório de análises de água na cidade de Caruaru-PE.

Figura 7: Armazenamento do efluente.



Fonte: Autoria própria, 2017.

Todos os procedimentos de determinação dos parâmetros microbiológicos além da preservação, coleta e armazenamento das amostras seguiram as recomendações especificadas em *American Public Health Association* (APHA), *American Water Works Association* (AWWA) e *Water Environmental Federation* (WEF), (1999).

### **Dimensionamento do tanque séptico**

O dimensionamento do tanque séptico foi realizado com base na NBR 7229:1997- Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos afluentes



Líquidos – Projeto, construção e operação, que complementa a norma NBR 7229:1993 referente ao tratamento e disposição dos efluentes de tanques sépticos.

Para dimensionar o volume do tanque séptico, foi utilizada a equação 1:

$$V=1000+N (C \times T+K \times Lf) \quad (1)$$

Em que:

V = volume útil;

N = número de pessoas ou unidades de contribuição (hab.);

C = contribuição de despejos, (L/hab.);

T = período de detenção, (d);

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias equivalente ao tempo de

acumulação de lodo fresco, em dias (d);

Lf = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia.

Para se obter o valor da contribuição de lodo esgoto e lodo fresco foi adotada um valor equivalente ao tipo de padrão da residência em estudo utilizando a Tabela 2.

Tabela 2: Contribuição de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante.

| Prédio                                | Unidade | Contribuição de esgotos (C) | lodo fresco (Lf) – Unid.:L |
|---------------------------------------|---------|-----------------------------|----------------------------|
| 1.Ocupantes permanentes               |         |                             |                            |
| - residência padrão alto              | Pessoa  | 160                         | 1                          |
| padrão médio                          | Pessoa  | 130                         | 1                          |
| padrão baixo                          | Pessoa  | 100                         | 1                          |
| - hotel (exceto lavanderia e cozinha) | Pessoa  | 100                         | 1                          |
| alojamento provisório                 | Pessoa  | 80                          | 1                          |

Fonte: Adaptado NBR 7229, 1993.

No que se refere a determinação do período de detenção dos despejos foi utilizada a Tabela 3, de acordo com a contribuição diária obtida a partir do produto entre contribuição diária e a quantidade de pessoas residentes na residência do estudo.

Tabela 3: Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.

| Contribuição diária(L) | Tempo de Detenção |       |
|------------------------|-------------------|-------|
|                        | Dias              | Horas |
| Até 1500               | 1,00              | 24    |
| De 1501 a 300          | 0,92              | 22    |
| De 3001 a 4500         | 0,83              | 20    |
| De 4501 a 6000         | 0,75              | 18    |
| De 6001 a 7500         | 0,67              | 16    |
| De 7501 a 9000         | 0,58              | 14    |
| Mais que 9000          | 0,50              | 12    |

Fonte: NBR 7229, 1993.

A determinação taxa de acumulação de lodo digerido em dias equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco, foi descoberta através da Tabela 4.

Tabela 4: Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio.

| Intervalo entre limpezas (anos) | Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C |                     |          |
|---------------------------------|---|---------------------|----------|
|                                 | $t \leq 10$   | $10 \leq t \leq 20$ | $T > 20$ |
| 1                               | 94  | 65                  | 57       |
| 2                               | 134   | 105                 | 97       |
| 3                               | 174   | 145                 | 137      |
| 4                               | 214   | 185                 | 177      |
| 5                               | 254   | 225                 | 217      |

Fonte: NBR 7229, 1993.

Parâmetros de projeto relativos ao tipo de residência em estudo:

- Número de pessoas da residência do estudo: 4 pessoas
- Contribuição de despejos: sendo uma residência de baixo padrão em uma localidade rural, adotou-se uma vazão e 100 litros por pessoa por dia; onde:  $N \times C = 400l$
- Contribuição de lodo fresco: conforme recomendação da norma para a residência de baixo padrão, adotou-se a contribuição de 1 litro por pessoa por dia;
- Período de detenção de despejos: como o valor da contribuição diária obtida é inferior a 1.500 litros, seguindo a recomendação da NBR 7229, 1993 adotou-se um período de detenção de 1 dia;
- Taxa de acumulação do lodo: adotou-se um intervalo de limpeza de 1 ano para a temperatura do mês mais frio de 21°C, em que de acordo com a tabela a taxa de acumulação é de 57.

## **Definição da vegetação e hidráulica utilizada no sistema wetland**

Foram encontradas próximo a residência, no reservatório menor já mencionado, alguns tipos de plantas aquáticas, apresentadas na Figura 8, as quais não se sabe a eficiência de remoção de poluentes no sistema proposto.

Figura 8: Macrófitas encontradas no reservatório menor no Engenho Oricuri.



Fonte: Autoria própria, 2017.

Utilizando a ferramenta computacional *Plantnet*, 2017 que permite pesquisa de fotografias para auxiliar na

identificação plantas, foi possível estabelecer que a planta em questão faz parte da Família *Nymphaeaceae*, baseado também no estudo de Souza e Matias (2012) que classifica a família em tropicais, perenes, rizomatosas com folhas e flores flutuantes presentes em regiões temperadas, raiz fixada no substrato, as aberturas de suas flores podem acontecer durante o dia ou a noite. No momento da visita não foi possível identificar a sua flor, para definição da espécie. Esta planta não foi definida por não apresentar características adequadas ao sistema, uma vez que suas folhas e flores são flutuantes e o sistema proposto não permite esta configuração, já que o efluente não estará aparente na superfície.

A planta macrófita a ser implantada no tanque *wetland* vertical foi definida através de levantamento na literatura, durante a pesquisa foram estudados alguns autores, observando os critérios de acordo com as características necessárias para o sistema proposto, sendo de fácil obtenção na região, algumas com folhagens ornamentais que possibilitem rentabilidade e ter demonstrado bons resultados encontrados no tratamento de efluentes domésticos.

Rodrigues (2012), utilizou em seu sistema a planta aquática *Typha Latifolia* espécie que se adapta bem a ambientes saturados, coletadas em um ambiente natural alago do município em estudo e obteve eficiência em termos de remoção dos parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO 72,1%, Demanda Química de Oxigênio - DQO 77,4%, 80,7% de amônia, 80,7% de ortofosfato, 99,93% de coliformes totais e 97,54% de coliformes termotolerantes.

Em seu estudo, Ceve (2015), analisou o funcionamento de uma *wetland* construída subsuperficial com o uso de *Zantedeschia aethiopica* (copo de leite), cedida por um proprietário na região e obteve eficiência na remoção dos parâmetros de carga orgânica, nutrientes e retenção de sólidos suspensos, encontrando remoção média de 94,27% de Nitrogênio amoniacal, 39,76% de dióxido de nitrogênio, 77,54% de Nitrato, 76,56% de nitrogênio total *Kjeldahl*, 76,57% de nitrogênio total, 79,54% para fosforo e 72,66 para DQO, porém não apresentou eficiência significativa comparado ao leito sem planta.

Já Pires (2012), no tratamento de esgoto doméstico de águas cinzas e negras em sistema de evapotranspiração e *wetland* construída, utilizou para o tanque da *wetland* de

escoamento horizontal, a planta macrófita lírio do brejo (*Hedychium coronarium*), apresentou dificuldade de adaptação devido a incidência a fonte solar, mas alcançou bom desempenho, obtendo remoções médias de 86% de DQO, 88% de DBO e variação de concentração de 19 e 37 mg.L<sup>-1</sup> de sólidos suspensos.

Zanella (2008) e Siqueira (2014), utilizaram-se em seus sistemas de tratamento as plantas beri e copo de leite, capim Vetiver respectivamente. Zanella (2008), em seus estudos, apresentou o uso de plantas ornamentais no sistema, dentre elas o papiro (*Cyperus papyrus*), mini papiro (*Cyperus isocladius*), copo de leite (*Zantedeschia aethiopica*) e biri (*canna x generalis*), no leito de brita, obtiveram eficiências médias de remoção de -122,2%, 75%, 82%, 7,9% e 40% de Nitrogênio amoniacal, coliformes totais, DBO, fosforo total e oxigênio dissolvido respectivamente, comparado a ceve (2015) que utilizou da mesma planta, obtendo resultados inferiores de eficiência de remoção de contaminantes no sistema devido ao uso de várias espécies em tanque.

Siqueira (2014), diferente dos autores anteriores não usou plantas ornamentais, utilizou-se a planta aquática *Chrysopogon zizanioides* (*capim Vetive*) e obteve resultados



satisfatórios de eficiência média de remoção de 35,87% para nitrogênio amoniacal, 98,68% de sólidos sedimentáveis, 92,81% para coliformes totais, 96,16% para *Escherichia coli*, 86,80% de DBO, 38,10% de Fosforo total e apresentou máximas de remoção acima de 83% e em sua maior parte na faixa de 90% de remoção atingindo condições para lançamento em corpos hídricos pertencentes à Classe 2, conforme a Resolução 430/2011 (CONAMA, 2011).

Destes vários estudos, foram escolhidas duas plantas aquáticas, a *Zantedeschia aethiopica* pelo cunho ornamental, utilizada por Ceve (2015). Ela é popularmente conhecida como copo de leite, e segundo Joly (1979) apresenta fácil adaptação, possui grande capacidade de evapotranspiração, é perene, ou seja, pode florir por vários anos, suas folhas são firmes e duráveis, podem chegar até 1 metro de altura, habita ecossistemas úmidos o que permite sua permanência constante no sistema subsuperficial afogado para retirada dos nutrientes e contaminantes, promovendo ação depuradora junto ao material filtrante. Segundo Ceve (2015), a não insolação contribui para seu crescimento, o que torna recomendável implantar um simples sistema de cobertura no sistema. A outra planta é o capim Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) utilizada por Siqueira (2014) e escolhida por

apresentar remoção de poluentes satisfatórias para lançamento em corpo hídrico de acordo com o Conama (2011), que segundo Almeida (2011) é uma planta herbácea, perene, pode chegar até 2 m de altura suas raízes podem chegar até 3 m de profundidade e assim como na outra espécie escolhida o capim vetiver, em condições tropicais quentes e úmidas, possui crescimento acelerado, e utiliza com eficiência a radiação solar.

A hidráulica definida para o sistema, foi o *wetland* de fluxo subsuperficial que segundo a Sezerino (2006), o efluente percola verticalmente pelo leito filtrante, até chegar a zona de saída. Foi escolhido devido os benefícios da implantação deste sistema apresentados na literatura, de acordo com Monteiro (2009), sua característica descendente possibilita maior oxigenação do biofilme proporcionando assim um sistema aeróbico devido ao ambiente saturado, e permite segundo Sezerino (2006), um carreamento de oxigênio atmosférico para dentro do meio de suporte, não deixando lamina d'água aparente e com o oxigênio transferido pelas plantas aquáticas, elevam a eficiência de degradação da matéria orgânica. Outro fator para a escolha desta configuração, é a necessidade de menor espaço para implantação quando comparado com *wetland* de fluxo

superficial, que apresenta canais longos e rasos (SEZERINO, 2006).

No que se refere ao requisito de escolha por eficiência na literatura sobre a hidráulica definida, Ferreira et al. (2013), em seu estudo encontrou elevados índices de remoção pós fossa séptica, apresentando boa eficiência no sistema demonstrado pela literatura levantada pelo mesmo, onde apontaram máximas de remoção de 99,6% de Fósforo 93,3% de Nitrogênio total, 89% de Nitrogênio amoniacal, e remoção média de DBO entre 77% e 99% de eficiência, 99%, de remoção de coliforme total.

### **Dimensionamento do *wetland* construído pós-fossa séptica.**

O método de dimensionamento adotado para o sistema *wetland* subsuperficiais, foi o desenvolvido por Metcalf e Eddy (1991) que utiliza a equação 2 para a determinação do tempo de detenção hidráulico baseado na porosidade do meio de suporte, porosidade esta que segundo Kadlec e Wallace (2009) deve ser multiplicada pelo volume do reservatório para um correto dimensionamento da *wetland*.

$$t' = \frac{LW\alpha d}{Q} \quad (2)$$

Em que:

$t'$  = tempo de detenção hidráulico(d)

$Q$  = vazão do efluente ( $m^3$ )

$L$  = comprimento da *wetland*(m)

$W$  = largura da *wetland*(m)

$d$  = profundidade da *wetland* (m)

$\alpha$  = porosidade do meio de suporte

Para se obter a vazão doméstica de esgoto, adaptado de Metcalf e Eddy (1991), utiliza-se a equação 3 abaixo:

$$Q_{méd} = \frac{PqR}{1000} \quad (3)$$

Em que:

$Q_{méd}$  = Vazão doméstica média de esgoto ( $m^3/d$ )

$P$  = número de contribuintes (hab.)

$q$  = cota per capita de água (L/hab.dia)

$R$  = coeficiente de retorno

Para o coeficiente de retorno e cota per capita de água, foram obtidos através da NBR 7229:1997- Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos afluentes líquidos – Projeto, construção e operação, em que obteve-se 80% de coeficiente de retorno e cota per capita de água de 100 (L/hab.dia), para residência padrão baixo de acordo com a tabela 2. O número de contribuintes foi obtido através de visita a campo e constatação se tua totalidade.

O volume mínimo demandado para *wetlands* construídos de fluxo vertical afogado é obtido pela equação 4 adaptada segundo Weber; Kaick (2015) para o tempo de detenção hidráulico, encontra-se abaixo:

$$V = \frac{TDH \times Q}{\alpha} \quad (4)$$

Em que:

V = volume mínimo demandado ( $m^3$ )

TDH = tempo de detenção hidráulica (d)

Q = vazão diária de esgoto ( $m^3/d$ )

$\alpha$  = porosidade do meio de suporte

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Fossa séptica e *wetland* construído

Definidos os parâmetros de projeto, posteriormente utilizou-se da equação 1 recomendada pela NBR 7229 (1993), substituindo os valores das variáveis para obtenção do volume do tanque séptico, assim conhecendo sua respectiva dimensão para a residência em estudo, totalizando 1628 litros ou  $1,6m^3$ . Foram definidas através da norma, as dimensões da unidade de tratamento da fossa séptica sendo 1,0 de largura, 1,6 comprimento, altura útil de 1,3 mínima recomendada.

Quanto ao dimensionamento do sistema *wetland*, aplicando na equação 3, para uma quantidade máxima de 4 pessoas, coeficiente de retorno de 80%, cota percapita de água igual a 100 L/hab.dia e porosidade do meio de suporte de 51%, brita 2, areia grossa de 35% e tempo de detenção hidráulico de 1,0 dias (ANDRADE, 2012; METCALF e EDDY, 1991). Tem-se vazão igual a  $0,32 m^3/d$ , portanto substituindo os parâmetros na equação 4, temos:

$$V = \frac{1 \times 0,32}{0,47} = 0,68 m^3 \rightarrow 1m^3 \quad (5)$$

Portanto, para o sistema apresentado, considerando a área disponível para implantação, teremos as dimensões de 1m de largura, 1m de comprimento e profundidade útil de 1m.

### **Análise do efluente doméstico do estudo**

No que se refere aos resultados da análise do efluente doméstico da residência em estudo, se observou os seguintes valores conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Relatório de ensaio microbiológico.

| Análises                   |   | Referência   |
|----------------------------|---|--|
| Parâmetros                 | Resultado                                     | Resolução nº 430 do CONAMA, 2011. Valor Máximos permitido. |
| Coliformes totais          | Presente (960Unidade Formadora de Colônia/ML) |  |
| Dbó 5/20 °c                | 314,71 mg/L                                   | < 120,00 mg/L  |
| Fósforo total              | 9,890 mg/L                                    |  |
| Nitrogênio amoniacal total | 98,84 mg/L                                    | <20 mg/L   |
| Oxigênio dissolvido        | 22,78 mg/L                                    |  |
| Sólidos sedimentáveis      | 0,40 mL/L                                     | < 1,0 mL/L   |

Fonte: Autoria própria, 2017.

Os resultados dos parâmetros analisados do efluente doméstico em estudo, comparados com os demais dados obtidos por Zanella (2008) e Siqueira (2014), apresentam semelhanças nas análises do efluente bruto conforme a Tabela 6. Também apresentam eficiência removedora dos mesmos diante de Cevi (2015), o que torna possível e viável o uso do sistema de *wetland* de fluxo vertical pós fossa séptica, pois foi apresentado resultados de teores de remoção em Siqueira (2014) adequados para o sistema proposto.

Siqueira (2014), com uso de *Chrysopogon zizanioides*, apresentou concentrações médias satisfatórias de saída abaixo do limite estipulado pela Resolução 430 (CONAMA, 2011) para sistemas de tratamento considerando o lançamento em corpo hídrico classe 2, e obtiveram resultados de remoção médios dos parâmetros alcançando 97,03%. Embora apresentando valores baixos quanto a remoção a planta *Zantedeschia aethiopica* utilizada como única por Cevi (2015) e Zanella (2008), em combinações incluindo também a *Zantedeschia aethiopica*, que referente ao leito com brita podem contribuir em cunho ornamental e rentabilidade como possível fonte de renda.

Tendo sido observadas tais características torna-se viável a combinação de *Zantedeschia aethiopica* com a



*Chrysopogon zizanioides* encontradas nos sistemas de Ceve (2015), Zanella (2008) e Siqueira (2014), devido a possibilidade de aproveitamento das vantagens de eficiência removedora de *Chrysopogon zizanioides* e cunho ornamental e comercial de *Zantedeschia aethiopica*.

Tabela 6: Análises de pré, pós e eficiência do tratamento.

| Análises                                      |                            |           |                   |                     |                     |                       |                       |
|---|----------------------------|-----------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Autores                                       | Siqueira (2014)            |           |                   | Zanella (2008)      |                     |                       | Ceve (2015)           |
| Parâmetros                                    | Médias                     |           | Máximo de remoção | Médias              |                     |                       | Média                 |
|   | Efluente bruto             | Saída     |                   | Efluente bruto      | Saída               | Eficiência de remoção | Eficiência de remoção |
| Nitrogênio amoniacal (mg L <sup>-1</sup> )    | 108                        | 99,55     | 83,31%            | 48,1                | 100,7               | -122,2%               | 94,27%                |
| Sólidos sedimentáveis                         | 89,8 (mL L <sup>-1</sup> ) | <0,10     | 99,99%            | -                   | -                   | -                     | -                     |
| Coliformes totais (NMP 100 mL <sup>-1</sup> ) | 4,6E+07                    | 77.355,00 | 99,99%            | 2,5.10 <sup>8</sup> | 1,3.10 <sup>6</sup> | 75%                   | -                     |

|  |                           |                             |            |   |   |        |         |
|--|---------------------------|-----------------------------|------------|---|---|--------|---------|
| Escherichia coli (NMP 100 mL <sup>-1</sup> ) | 1,5E +07                  | 14,9<br>32,5<br>0           | 99,9<br>9% | -                                       | -                                       | -      | -       |
| DBO  | 369 (mg L <sup>-1</sup> ) | 50,38 (mg L <sup>-1</sup> ) | 99,4<br>0% | 225 (mg L <sup>-1</sup> )               | 20 (O <sub>2</sub> · L <sup>-1</sup> )  | 82,3 % | -       |
| Fósforo total (mg L <sup>-1</sup> )          | 6,8                       | 0,87                        | 99,5<br>0% | 7,4                                     | 7,3                                     | 7,9%   | 79,54 % |
| Oxigênio dissolvido                          | -                         | -                           | -          | 3,5 (O <sub>2</sub> · L <sup>-1</sup> ) | 2,5 (O <sub>2</sub> · L <sup>-1</sup> ) | 40%    | -       |

Fonte: Autoria própria, 2017.

### **Proposta de sistema tratamento de esgoto doméstico e orçamento de materiais**

O sistema de tratamento *wetlands* construídos pós fossa séptica, já dimensionados no estudo foi projetado de modo a ser constituído por 3 leitos de tratamento em série composto por caixas de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) com capacidade de 1.000L cada, funcionando por gravidade e assim as caixas devem estar um pouco abaixo do nível de saída do esgoto da residência.

Os dois primeiros taques foram determinados para a fossa séptica, neste sistema o efluente doméstico percorrerá

primeiramente as duas caixas d'água devidamente tampadas com suspiro de 25mm de diâmetro e 30cm de comprimento, vedadas de forma sustentável com o uso de pedaços de câmaras de ar de pneus velhos, bicicleta, moto ou carro, colados nas bordas da caixa, auxiliando na retirada desses materiais que ficam ociosos no meio ambiente, as demais tubulações feitas em Policloreto de Polivinila - PVC de 100mm, joelhos de 90°, flange de 25 mm, tês de inspeção e válvula de retenção unidos com cola PVC. As caixas devem estar parcialmente soterradas e para medir o tamanho da escavação basta emborcar a caixa e delimitar com o uso da pá a área, a profundidade vai de acordo com o tamanho da caixa, mas de forma que os furos superiores devem estar a 3cm da borda superior da caixa.

Esta escavação pode ser feita manualmente pelo próprio morador ou com ajuda comunitária a fim de reduzir gastos. A primeira caixa deve receber a mistura de 20L sendo 10L de esterco de vaca fresco e 10L de água, após 30 dias colocar 10L da mistura, 5L de esterco bovino e 5L de água, que devem ser colocadas na válvula de retenção anterior a primeira caixa, para que assim aconteça o processo de biodigestão (EMBRAPA, 2014). Na segunda caixa o furo para tubulação de saída do efluente da fossa deve estar a

15cm da borda superior da tampa para permitir a configuração subsuperficial da terceira Caixa. Os tubos de suspiros que estarão no eixo central das tampas das caixas, terão tampas com pequenos furos para possibilitar a saída de vapores.

A terceira caixa compreenderá o leito de *wetlands* de fluxo vertical subsuperficial, definido de acordo com Kadlec e Wallace (2008) devido a sua menor necessidade de área para implantação, além de evitar a proliferação de mosquitos e liberação de odores. Neste tanque, para sua entrada que introduzirá os efluentes do tanque, pia e chuveiro primeiramente passadas pela caixa de gordura, foi utilizado uma junção de 100mm que possibilitará a também a entrada do efluente pertencente ao tanque séptico. Utilizou-se na proposta para posicionamento da tubulação e sentido vertical do efluente, o fluxo afogado, que proporciona maior área alagada e assim melhor nutrição as plantas e melhor eficiência de remoção de poluentes no tratamento (ANDRADE, 2012).

As plantas definidas, *Chrysopogon zizanioides* (Capim vetiver) e *Zantedeschia aethiopica* (copo-de-leite) apresentadas na Figura 9, serão plantadas 50% de cada sobre o leito filtrante, sendo o copo de leite espaçados 10cm entre

cada de acordo com Ceve (2015), e o Capim vetiver espaçados 15cm entre cada de acordo com Truong et.al (2008), ambos pertencem a um leito composto de primeiramente de camada de 10cm de brita 2 onde ficará a tubulação de entrada do efluente, abaixo 40cm de areia grossa e no fundo, 25 cm de brita 2, para cobertura dos tubos de drenagem de saída impedindo entupimento dos mesmos e de acordo com a altura de 0,75m da caixa de 1000L sem tampa, dimensões estabelecidas por fiberlight (2017). É recomendável que para o copo de leite, seja feito álbum tipo de proteção solar para evitar que ela receba forte incidência conforme já mencionado. Antes da implantação do sistema deve ser realizada uma limpeza simples no terreno.

Figura 9: Plantas definidas para o sistema.



Fonte: Google imagens, 2017.

Todas as caixas devem ter leve inclinação inferior de 0,5-1%, referente a entrada do esgoto doméstico no início do sistema entre cada tanque, assim conduzindo o efluente para fora da *wetland*, quantidades estas estabelecidas baseadas nos estudos de Van Kaick (2002) e Hofmann et al (2011). Este tanque apresenta tubulação em forma de espinha de peixe tanto para parte superior como para inferior drenante com seis tubos de 0,50m de comprimento perpendiculares e conectados com tês de 90° a uma tubulação de

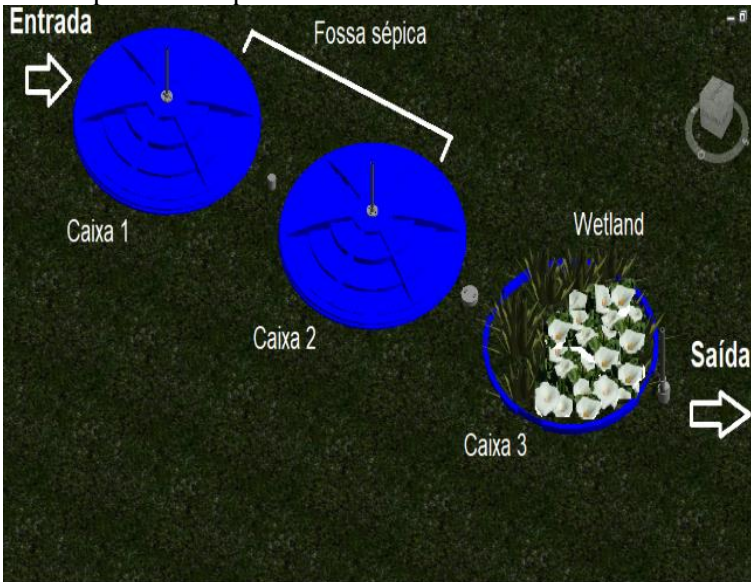
aproximadamente 1,00m e espaçados entre si por um comprimento igual a 0,15m.

A parte superior com diâmetro igual a 50mm perfurados com furos de diâmetro igual a 10 mm, com espaçamento de 8 cm entre eles e alinhados, já a tubulação inferior de drenagem possui diâmetro de 50mm com perfurações de 10 mm de diâmetro alinhados e com espaçamento de 4 cm (BEGOSO, 2009).

A tubulação de 100mm que proporcionará o sistema afogado terá conexão com suspiro de 50mm através de redução excêntrica e tampão furado e a partir desta se conectará com outra tubulação de 100mm sendo está de saída final do sistema que deverá ficar soterrado de maneira que o nível seja inferior ao da entrada da terceira caixa, que se conectarão posteriormente com a tubulação, já existente na localidade a fim de economizar e otimizar os custos e adiante despejado em corpo hídrico.

De forma a apresentar uma melhor visualização do sistema implantado dito anteriormente, possibilitando a percepção estimada das plantas macrófitas definidas, foi realizado o modelo apresentado na Figura 10,

Figura 10: Ilustração de implantação do sistema de tratamento *wetland* pós fossa séptica.

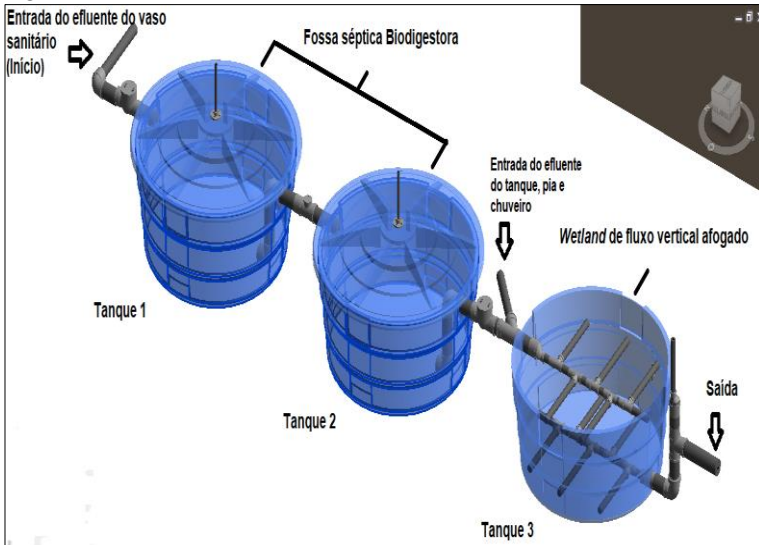


Fonte: Autoria própria, 2017.

Por fim apresenta-se na Figura 11 e 12, a proposta do sistema de tratamento de esgoto doméstico realizado para residência rural na cidade de Catende, composto por *wetlands* construídos de fluxo vertical subsuperficial afogado pós fossa séptica, com tratamento biodigestor.

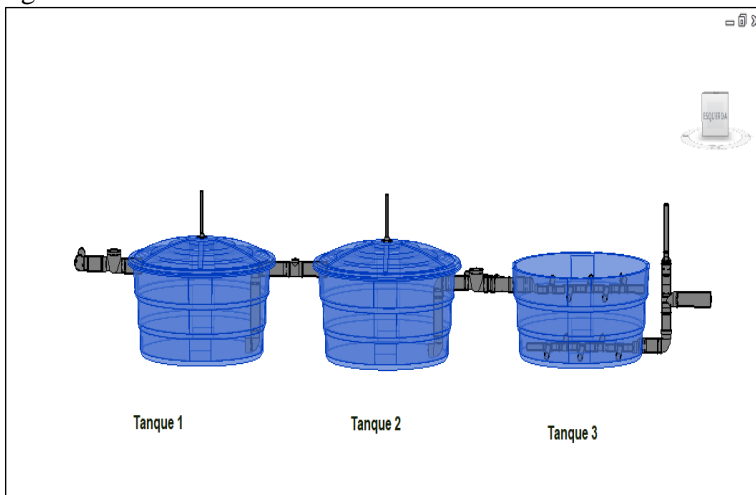


Figura 11: Sistema de tratamento.



Fonte: Autoria própria, 2017.

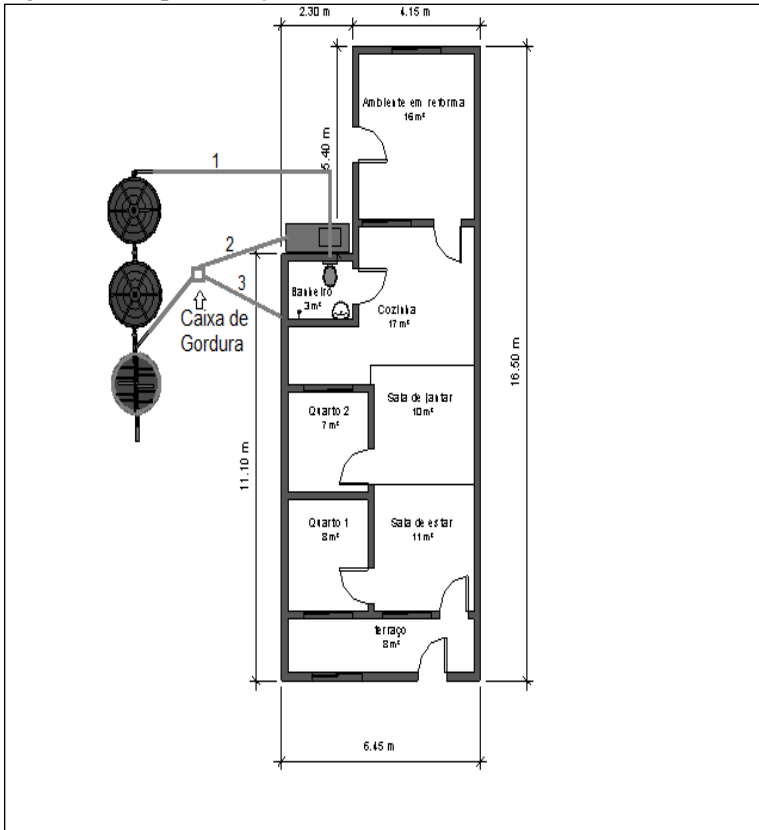
Figura 12: Vista lateral do sistema.



Fonte: Autoria própria, 2017.

Para percepção da localização deste sistema em planta, apresenta-se a Figura 13, o fluxo total do sistema de tratamento que segue primeiramente com as duas caixas sépticas, que receberão os efluentes apenas do vaso sanitário (1), depois passará para a terceira caixa, que receberá os efluentes da caixa de gordura já fabricada e encontrada facilmente em lojas de construção, possibilitando a utilização dos os efluentes advindos do tanque (2), chuveiro e pia (3) misturados com o efluente advindo da fossa séptica. A residência em estudo só dispõe de um tanque para a lavagem de roupas e louças.

Figura 13: Representação do fluxo do sistema de tratamento.



Fonte: Autoria própria, 2017.

Comparado com outros tipos de tecnologias e sistemas convencionais centralizadores, o modelo proposto se destaca pelo baixo custo para o tratamento de esgoto. No que se refere aos custos de serviços, esse sistema tem como fator a intenção da possibilidade de construção manual que pode ser realizada pelo proprietário da residência, o que

otimiza os custos e possibilita interação social entre a comunidade. A planta copo de leite apresenta possibilidade rentável ao morador.

No que se refere a manutenção da *wetland* segundo Sperling (2014), este processo consiste em poda das plantas que possibilita rentabilidade e retirada das mesmas quando se encontram em estado de decomposição. Quanto a manutenção da fossa séptica biodigestora, segundo Embrapa (2010), não há necessidade de limpeza periódica das caixas, pois não há acúmulo de resíduos sólidos, estes são consumidos durante o processo de biodigestão, mas deve ser respeitado o abastecimento da solução de água e esterco bovino, já mencionada.

## **CONCLUSÕES**

Para dimensionamento do sistema proposto a escolha da vegetação não influenciou na obtenção das dimensões do reator, porém interfere na eficiência do tratamento e rentabilidade do mesmo. O sistema de tratamento de esgoto sugerido se apresentou como a melhor escolha para atender a situação características do local estudado. Sua característica vertical subsuperficial afogado, proporcionará um meio filtrante sempre alagado beneficiando o

crescimento das plantas e sua ação depuradora, também evitando maus odores e proliferação de mosquitos além uma menor necessidade de área para implantação quando comparado com o de fluxo superficial.

O meio de suporte escolhido para o processo de filtração do sistema, possibilitou a proposta de implantação as macrófitas das espécies *Zantedeschia aethiopica* (copo-de-leite), por suas vantagens em ornamentação e rentabilidade, e a *Chrysopogon zizanioides* (Capim vetive) por sua eficiência de remoção ao atender às exigências legais para lançamento em corpo hídrico de classe 2, ambas facilmente encontradas na região.

Quando comparado aos sistemas convencionais de tratamento de esgoto doméstico o proposto sistema *wetland* construído vertical subsuperficial afogado pós fossa séptica, tem um custo baixo, é facilmente aplicável sem necessitar de grandes investimentos, é de fácil manutenção, não utiliza-se de produtos químicos, e proporciona harmonia paisagística, sendo um grande potencial de aplicação em áreas como pequenas localidades rurais.

O sistema de tratamento de esgoto se realizado atuaria como ferramenta educacional comunitária incentivando a conscientização sobre o correto manejo dos

efluentes domésticos, sobre importância da preservação dos recursos hídricos, minimização da poluição propondo benefícios ambientais, sociais e econômicos à localidade, principalmente do meio rural e comunidades carentes, além de contribuir de forma abrangente, em estudo, para os desafios enfrentados na área de saneamento

Recomenda-se que para trabalhos futuros sobre o uso de sistemas *wetlands* construídos pós fossa séptica em zona rural, seja implantado o sistema de tratamento para a avaliação de adaptação das plantas e comportamento das tubulações e meio de suporte com o fluxo do efluente, sua eficiência removedora de poluentes, fazer um sistema de bancada para prever alguma irregularidade ou não conformidade e fazer o uso de outras espécies de plantas, e meios de suportes, trazendo outras opções ao sistema.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Edilene Aparecida Peixoto. **Avaliação do potencial da espécie vetiveria zizanioides na fitorremediação de metais-traço presentes em ambientes aquáticos.** Edilene Aparecida Peixoto e Almeida - Belo Horizonte: universidade federal de minas gerais, 2011.

ANDRADE, Helisson Henrique Borsato. **Avaliação do desempenho de sistemas de zona de raízes (wetlands construídas) em escala piloto aplicados ao tratamento de efluente sintético.** Helisson Henrique Borsato Andrade – Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st Edition.** USA: Centennial Edition, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.969:1997:** Tanques sépticos unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229:1993:** Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

BEGOSSO, Larissa. **Determinação de parâmetros de projeto e critérios para dimensionamento e configuração de wetlands construídas para tratamento de água cinza.** Larissa Begosso. - Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2009.

CEVE, Abel. **Avaliação de *wetland* construído de Fluxo subsuperficial horizontal para o tratamento de esgoto sanitário**. Abel ceve. – Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente.  
**Resolução Nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 18 ago. 2020.

EMBRAPA. **Perguntas e Respostas: Fossa Séptica Biodigestora**. São Paulo, 2010. Disponível em:  
<[http://saneamento.cnpdia.embrapa.br/tecnologias/Perguntas\\_e\\_Respostas\\_%20DOC49\\_2010.pdf](http://saneamento.cnpdia.embrapa.br/tecnologias/Perguntas_e_Respostas_%20DOC49_2010.pdf)>. Acesso em 18 de ago. de 2020

EMBRAPA. **Cultivo do vetiver para controle de erosão**. Seropédica, 2011. Disponível em:  
<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/921075/1/CIT31CNPAB.pdf>>. Acesso em 20 de ago. de 2020.

GOOGLE IMAGENS. **Google imagens - copo de lete, capim vetive**. 2017. Disponível em:  
<<https://images.google.com.br/>>. Acesso em: 18 de ago. de 2020.



GOOGLE. **Google maps**. 2017. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/@-8.666667,-35.716667,11567m/data=!3m1!1e3?hl=pt-BR>>. Acesso em 18 de ago. de 2020.

GOVERNO DO ESTADO. *Blog de notícias – Sistema adutor Pirangi*. Disponível em: <<http://www.pe.gov.br/blog/2016/10/25/em-catende-paulo-destaca-ritmo-acelerado-das-obras-do-sistema-adutor-pirangi/>>. Acesso em: 20 de ago. de 2020.

HOFFMANN, Heike; PLATZER, Christoph; WINKER, Martina; MUENCH, Elisabeth von. *Technology review of constructed wetlands: Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Sustainable sanitation - ecosan program. Germany, 2011.

IAQUELI, André Luiz. *Wetlands construídos: aplicações, benefícios e vantagens do sistema*. / Ana Maria Iaquelli. – São Paulo: Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Pesquisa de Dados Gerais dos Municípios Brasileiros*. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=260420&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: 22 de ago de 2010.

JOLY, Aylthon Brandão. *Botânica: introducao a taxonomia vegetal*. 5. ed. São Paulo: Nacional, 1979.

FIBERLIGH. *Caixas d'água*. Disponível em:  
<<http://fiberlight.com.br/caixas-dagua-fiberglass-sao-paulo/index.html>>. Acesso em 25 de ago. de 2020.

KADLEC, R. H.; WALLACE, R. D. *Treatment wetlands*. 2. ed, 2008. Disponível em:  
<[http://www.sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/KADLEC%20WALLACE%202009%20Treatment%20Wetlands%202nd%20Edition\\_0.pdf](http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/KADLEC%20WALLACE%202009%20Treatment%20Wetlands%202nd%20Edition_0.pdf)>. Acesso em: 12 de abr. de 2017.

KAICK, Tamara Simone Van. *Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná.*/ Tamara Simone Van. – Curitiba: Centro federal de educação tecnológica do paraná, 2002.

KRONEMBERGER, Denise Maria Penna et. al, *Atlas de saneamento 2011 saneamento e o meio ambiente*. Disponível em:  
<[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas\\_saneamento/default\\_zip.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm)>. Acesso em: 22 de ago. de 2020.

METCALF & EDDY, INC. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4. ed. Boston: McGraw-Hill, 2003.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea*.2008. Disponível em:  
<[http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/15838/Rel\\_Catende.pdf?sequence=4](http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/15838/Rel_Catende.pdf?sequence=4)>. Acesso em 21 de ago. de 2020.

MONTEIRO, Rodrigo Cesar de Moraes. *Viabilidade Técnica do Emprego de Sistemas Tipo Wetland para o Tratamento de Água Cinza Visando o Reuso não Potável.* / Rodrigo Cesar de Moraes Monteiro. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA – UNESCO. *Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos.* Disponível em: <[http://www.mpse.mp.br/Caop/Documentos/AbrirDocumento.aspx?cd\\_documento=1322](http://www.mpse.mp.br/Caop/Documentos/AbrirDocumento.aspx?cd_documento=1322)>. Acesso em: 18 de ago. de 2020.

PLANTNET. *Software para Identificação de planta.* Disponível em: <[https://play.google.com/store/apps/details?id=org.plantnet&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=org.plantnet&hl=pt_BR)>. Acesso em: 26 de ago de 2020.

PIRES, Felipe Jacob. *Construção participativa de sistemas de tratamento de esgoto doméstico no assentamento rural Olga Benário-MG.* / Felipe Jacob Pires. – Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012.  
PROBIO. *O que são Macrófitas Aquáticas.* 2017.  
Disponível em: <[http://www.ufscar.br/~probio/info\\_macrof.html](http://www.ufscar.br/~probio/info_macrof.html)>. Acesso em: 23 de ago. de 2020.

RODRIGUES, Eduardo Bello. *Tratamento de esgoto por zona de raízes: Experiências vivenciadas numa escola rural no Município de Campos novos/SC.* / Eduardo Bello Rodrigues. – Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina Centro tecnológico, 2012.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E ENERGÉTICOS – SRHE. *Serviços de água e esgoto em Pernambuco*. Recife, 2005. Disponível em: <[http://www.srhe.pe.gov.br/attachments/article/426/Servi%C3%A7os%20de%20C3%A1gua%20e%20esgoto%20em%20PE\\_Compeasa%20e%20aut%C3%B4nomos.pdf](http://www.srhe.pe.gov.br/attachments/article/426/Servi%C3%A7os%20de%20C3%A1gua%20e%20esgoto%20em%20PE_Compeasa%20e%20aut%C3%B4nomos.pdf)>. Acesso em: 20 de ago. de 2020.

SEZERINO, Pablo Heleno. *Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (constructed wetlands) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima subtropical*. / Pablo Heleno Sezerino. - Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL – SINAPI 2017. *Preços e Custos de Referência*. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 26 de ago. de 2020

SIQUEIRA, Elisa Rodrigues. *Tratamento de fossas e tanques sépticos em um sistema de alagado construído*. / Elisa Rodrigues Siqueira. – Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2014

SPERLING, Marcos Von. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. vol. 1. 3a ed, Belo Horizonte, 2005.

SOUZA, D. J. L.; MATIAS, L. Q. *Sinopse do gênero nymphaea l.(nymphaeaceae) no estado do ceará*. v. 25, n.

3, p. 72-78. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semi Árido, 2012.

TIGRE. *Consulta de produtos*. 2016. Disponível em: <<https://www.tigre.com.br/valvula-de-retencao>>. Acesso em 25 de ago. de 2020.

TOMAZ, Plinio. *Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis*. São Paulo, 2010. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_a\\_prov.\\_aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20a\\_gua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_a_prov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20a_gua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf)>. Acesso em: 22 de ago. de 2020.

TRUONG, P.; VAN, T. T; PINNERS, E. *Sistema de aplicação vetiver: Manual de referência técnica*. 2<sup>a</sup> Edição, 2008. Disponível em: <[http://www.vetiver.org/BRA\\_Brazil\\_Port\\_o.pdf](http://www.vetiver.org/BRA_Brazil_Port_o.pdf)>. Acesso em 23 de ago. de 2020.

WEBER, Conrado Folle. *Proposta de dimensionamento e implantação de wetlands construídos em sistema individual de tratamento de esgoto sanitário*. Conrado Folle weber. – Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6807/1/CT\\_COPAM\\_2015\\_1\\_03.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6807/1/CT_COPAM_2015_1_03.pdf)>. Acesso em: 22 de ago de 2020.

WEBER, corado folle; PRADO, Marcelo Real; KAICK, Tamara Simone van. *Dimensionamento de wetlands contruídas em sistemas individuais de tratamento de esgoto sanitário*. Curitiba 2015. Disponível em:

<<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Dimensionamento-de-Wetlands-Constru%C3%ADdas-em-Sistemas-Individuais-de-Tratamento-de-Esgoto-Sanit%C3%A1rio.pdf>>. Acesso em 26 de ago. de 2020.

ZANELLA, Luciano. *Plantas ornamentais no pós tratamento de efluentes sanitários: Wetlands – construídos utilizando brita e bambu como suporte.* / Luciano Zanella. – Campinas: Universidade estadual de campinas, 2008.