

# SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO COM O EMPREGO DA BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO E *WETLAND* CONSTRUÍDO

SEWER TREATMENT SYSTEM WITH EMPLOYMENT OF EVAPOTRANSPIRATION BASIN AND WETLAND CONSTRUCTED

**Jamille Gonçalves de Araújo**

jamillegaraujo@gmail.com

**Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva**

ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br

---

## RESUMO

A celeridade do fenômeno da urbanização nas últimas décadas no Brasil trouxe consigo as consequências do desordenamento urbano. Devido a esta tendência, os elementos de infraestrutura são destinados prioritariamente para áreas centrais das cidades, provocando baixos índices de atendimento às comunidades periurbanas e rurais além de ensejar impactos ambientais. O objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade de implantação de um sistema de esgotamento sanitário alternativo na comunidade Engelho Bulhões I, situada no bairro de Bulhões, no município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. O sistema proposto consistiu de caixa de gordura especial, Bacia de Evapotranspiração (BET) e *Wetlands* Construídos (WC). A metodologia de estudo centralizou-se na NBR 8160/1999 . Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução; na NBR 7229/1993 . Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, bem como na revisão da literatura científica. Desse modo, foi realizado o dimensionamento do sistema considerando a população de padrão baixo. O sistema proposto pode ser concluído aproximadamente 60 dias e despense um custo total médio de R\$ 110.000,00, representando uma alternativa viável para o tratamento de efluentes domésticos em comunidades periféricas e desprovidas de rede de coleta de esgoto.

Palavras-chave: Saneamento ecológico. Comunidades periféricas. Tratamento de efluentes domésticos.

## ABSTRACT

The rapidity of the phenomenon of urbanization in recent decades in Brazil has brought with it the consequences of urban disorder. Due to this tendency, the infrastructure elements are destined primarily to central areas of the cities, causing low rates of attendance to the periurban and rural communities in addition to providing environmental impacts. The objective of this study was to evaluate the feasibility of implementing an alternative sanitary sewage system in the Engelh Bulhões I community, located in the Bulhões neighborhood, in the municipality of Jaboatão dos Guararapes, State of Pernambuco. The proposed system consisted of special grease box, Evapotranspiration Basin (BET) and Built Wetlands (WC). The study methodology was centered on NBR 8160/1999 - Building sewer systems - Design and execution; in NBR 7229/1993 - Design, construction and operation of septic tank systems, as well as in the review of the scientific literature. In this way, the sizing of the system was performed considering the low standard population. The proposed system can be completed approximately 60 days and costs an average total cost of R \$ 110,000.00, representing a viable alternative for the treatment of domestic effluents in peripheral communities and without a sewage collection network.

Keywords: Ecological sanitation. Peripheral communities. Treatment of domestic effluents.

---

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização acelerado nas últimas décadas tem gerado uma grande demanda de serviços de infraestrutura, também no que concerne aos serviços de saneamento básico. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2011), cerca de 90% da população urbana das principais cidades do Brasil já é atendida com água potável, mas apenas cerca 60% dos domicílios tem redes coletoras de esgotos.

Consoante o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos- 2015 (BRASIL, 2017), a taxa referente ao atendimento de coleta de esgoto no Brasil é de 50,3%, sendo 58% deste montante destinado às áreas urbanas.

Devido à tendência do desordenamento urbano, elementos de infraestrutura são destinados prioritariamente para bairros centrais das cidades de grande e médio porte, ensejando na redução de serviços direcionados aos municípios de pequeno porte e em bairros com população detentora de reduzido poder aquisitivo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

Dados atualizados pelo SNIS (2014), apontam que 67,3% dos municípios brasileiros utilizam as fossas sépticas/sumidouros como solução alternativa de esgotamento sanitário, com maior número de municípios adeptos nas Regiões Nordeste e Sul. Os municípios que utilizam a fossa rudimentar correspondem a 19,77%, 3% dos municípios brasileiros utilizam como alternativa o lançamento seu esgoto em valas a céu aberto, 3,9% usam como alternativa o lançamento em cursos d'água, 4,18% em galerias de águas pluviais e 1,64% utilizam outras alternativas.

As barreiras para universalização do saneamento urbano e rural são ligadas a questões políticas e aspectos fortemente influenciados por investimentos econômicos, fazendo-se necessário implantar uma estratégia eficaz para promover menores dispêndios para o tratamento de esgotos, contrapondo a perspectiva centralizadora de atendimento, a qual prevê a utilização de sistemas coletivos de grande porte (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

Uma abordagem baseada na concepção descentralizada do saneamento se fundamenta na gestão participativa, tendo como proposição a racionalização do uso dos recursos disponíveis (PHILIPPI, 2000). Entrementes, a realidade regional é tomada como ponto de partida para subsidiar a adoção de tecnologias próprias da localidade e incentivar a participação social.

Segundo o disposto na NBR 13969 (ABNT, 1997), sistema descentralizado de tratamento de esgotos pode ser definido como sistema no qual as distâncias entre a fonte geradora e a disposição final do efluente tratados são próximas entre si, não exigindo comumente a utilização de rede coletora extensa, emissários, estações elevatórias, entre outros.

A aplicação da tecnologia anaeróbia em sistemas descentralizados revela-se apropriada para as condições socioeconômicas locais apresentando várias vantagens quando comparado ao processo biológico aeróbio, entre os quais destacam-se, menor consumo de energia, menor produção de lodo e menor área para implantação (FRANÇA, 2012).

Consoante Silva (2004), as características químicas dos esgotos domésticos brutos possuem os parâmetros de sólidos totais,  $DBO_5$ , nitrogênio total, fósforo, PH, alcalinidade ( $mg\text{CaCO}_3/l$ ), cloretos e óleos e graxas cujas concentrações ( $mg/L$ ) estão

nas faixas de 700-1350; 200-500; 35-70; 5-25; 6,7-7,5; 20-50; 20-50 e 55-170, respectivamente.

O tratamento de efluentes pode ser dividido em níveis conforme o grau de remoção de poluentes que se deseja atingir. Para tratamento em nível preliminar, exige-se a instalação da caixa de gordura (CG), a qual recebe efluentes provenientes de cozinhas contendo elevado teor de óleos e gorduras (JUNQUEIRA, 2017). Segundo NBR 8160 (ABNT,1999), para coleta em comunidades, contemplando mais de 12 cozinhas, devem ser previstas caixas de gordura especiais.

Para tratamento em nível primário, destaca-se a Bacia de Evapotranspiração (BET), popularmente conhecida como fossa de bananeiras, um sistema impermeável com tecnologia proposta para tratamento de águas residuárias preenchido com camadas diferentes de substrato onde as plantas de crescimento rápido se desenvolvem através dos efluentes sanitário que é despejado na câmara receptora que armazena dejetos sanitários, onde ocorre a degradação microbiana da matéria orgânica (GALBIATI, 2009).

Os benefícios da utilização de plantas para o tratamento de esgoto são: a qualidade do tratamento; os baixos custos construtivo e operacional; a ausência de poluição ambiental e visual, bem como a não aplicação de produtos químicos (PAULO; BERNARDES, 2009), além de ainda reaproveitar materiais descartados, como os entulhos da construção civil e os pneus.

Consoante pontifica Vieira (2010), o funcionamento da BET é descrito pelas etapas:

a) Fermentação: A decomposição do efluente se dá digestão anaeróbia realizado pelas bactérias na câmara bio-séptica de pneus e nos espaços entre as pedras e tijolos colocados ao lado da câmara.

b) Segurança: Os microrganismos patogênicos são confinados no sistema, pois não há como garantir sua eliminação completa. A bacia necessita ter espaços livres para o recebimento diário do volume total de água e resíduos humanos. A bacia deve ser construída com uma técnica que evite as infiltrações e vazamentos.

c) Percolação: A água percola de baixo para cima e concluída a sua separação dos resíduos humanos, vai passando pelas camadas de brita, areia e solo, chegando até as raízes das plantas.

d) Evapotranspiração: é principal princípio da BET, proporcionando a saída do fluido em forma de vapor, sem contaminantes. O procedimento fica a cargo das plantas, principalmente as de folhas largas, que consomem os nutrientes em seu processo de crescimento, permitindo que a bacia não encha.

e) Manejo: a cobertura vegetal morta deve ser sempre completada com as próprias folhas que caem das plantas e os caules das bananeiras depois de colhidos os frutos.

Complementando o sistema BET, pode ser aplicado o sistema *Wetlands* Construídos para tratamento em nível secundário. O termo *wetlands* (do inglês) ou áreas alagáveis é utilizado para caracterizar vários ecossistemas naturais que ficam parcial ou totalmente inundados durante o ano.

Como alternativa viável para disposição final dos efluentes, pode-se destacar a aplicação dos sistemas de *Wetlands* Construídos (WC), os quais são semelhantes às áreas alagadas superficiais, adotando concepções de leitos vegetados naturais para promover a remoção da carga poluidora.

Os WCs oferecem melhores oportunidades para o tratamento de águas poluídas do que áreas alagadas naturais, pois podem ser idealizadas para maximizar sua eficiência quanto à diminuição de DBO, DQO e processos de remoção de nutrientes, e máximo controle sobre o sistema hidráulico e a vegetação da área alagada (VERHOEVEN; MEULEMAN, 1999).

O sistema WC é originado por ação antrópica, composto por substrato inerte (areia, pedra e cascalho) em tanques ou canais rasos, constituídos de material impermeável, contendo plantas aquáticas (VON SPERLING, 1996).

O processo de tratamento está fundamentado na transformação e remoção de poluentes como nutrientes eutrofizantes, por meio de processos físicos, químicos e biológicos, onde há formação de biofilme no substrato sólido e nas raízes das plantas para propiciar a atividade microbiana (VON SPERLING, 1996).

Quanto à direção do fluxo do efluente, os WC são classificados como Fluxo

superficial e fluxo subsuperficial, estes podendo ser horizontal ou vertical. O sistema de *wetland* construída de fluxo subsuperficial vertical se assemelha muito com o sistema horizontal, o que difere é o sentido com que o efluente percorre o leito e o sistema de raízes das plantas (KADLEC; WALLACE, 2009).

Nos *Wetlands* Construídos de Fluxo Subssuperficial Horizontal (WCH), o efluente está submerso percorrendo esse leito em direção horizontal, de uma extremidade até a outra. Isso é uma vantagem se comparado aos de fluxo superficial pois pode ser construído em lugares frios e não apresenta risco de transmissão de doenças ao homem (KADLEC; WALLACE, 2009).

O efluente entra em determinada quantidade por uma extremidade, por onde percola no leito até a outra extremidade sendo uma boa opção para locais onde não há disponibilidade de energia para o uso das bombas e de lugares que possuam baixo gradiente hidráulico (HOFFMANN, 2011).

A seleção da localidade para estruturação de uma *wetland* leva em consideração diversos aspectos, os quais refletem diretamente nos resultados logrados. É imprescindível um estudo do local, referente à disponibilidade de área, topografia, permeabilidade do solo, recursos ambientais, assim como possíveis impactos na vizinhança (WEBER; VAN KAICK, 2015).

Consoante aponta o mesmo autor, alguns critérios para a dita seleção como, proximidade da fonte geradora do efluente; inclinação, para que a água flua através da gravidade; solo passível de compactação, para evitar contaminação das águas subterrâneas; e a *wetland* deve estar acima do lençol freático.

O presente trabalho, objetivou avaliar a exequibilidade de um sistema descentralizado como alternativa para o tratamento de efluentes gerados por unidades residenciais, com o emprego de sistema BET e *wetlands* construídos de fluxo horizontal subsuperficial. O local de implantação situa-se na comunidade periurbana Engelho Bulhões I, situada no bairro de Bulhões, no município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco.

## **2 METODOLOGIA**

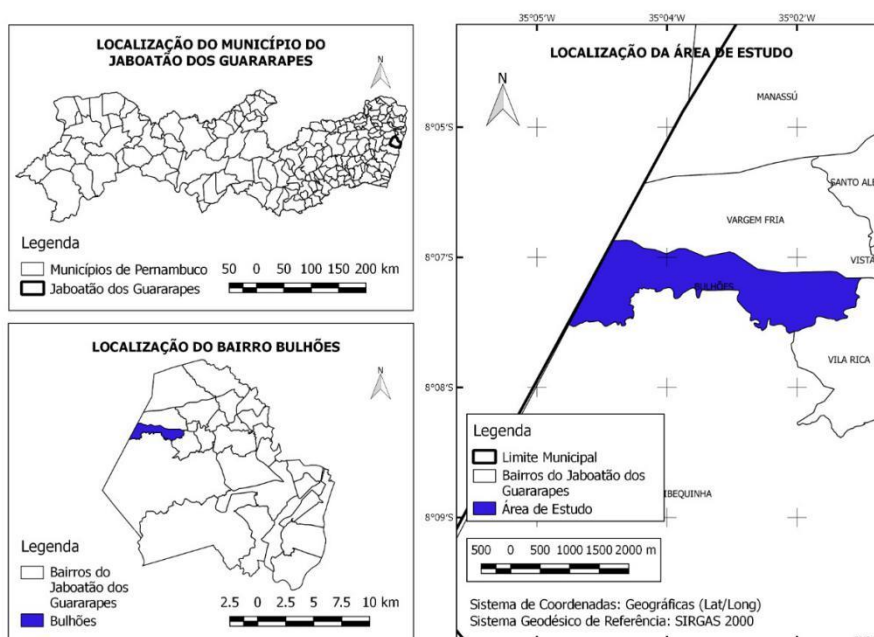
Para fins de avaliação de implantação do sistema descentralizado, foi tomada a localidade Engelho Bulhões I no bairro de Bulhões, situado no município de Jaboatão dos Guararapes, estado de Pernambuco. De acordo com a Lei 002/2008,

a qual institui o plano diretor do município do Jaboatão dos Guararapes, a dita localidade pertence à Zona de Expansão Urbana Futura, a qual se caracteriza por ter diminuta ocupação urbana, baixa densidade construtiva e pela existência de amenidades naturais, a saber, as áreas entre o Rio Jaboatão e a BR-232, áreas adjacentes à Mata de Manassú e glebas passíveis de ocupação. Submetido a preceitos como, valorização da cobertura vegetal e incentivo à preservação das tipologias de ocupação do território com controle do processo de adensamento onde houver sítios, granjas e chácaras.

Foram obtidas informações a fim de averiguar a viabilidade da implantação através de visitas de campo. A área de estudo foi delimitada a partir de imagens aéreas, datadas de 2016, disponibilizadas pela Prefeitura do Município do Jaboatão dos Guararapes (PMJG), avaliando-se características geológicas da localidade e disponibilidade de área.

Com vistas a promover a otimização do atendimento à localidade e vencer a limitação referente à distância entre as residências, foi admitida a possibilidade de implantar 2 sistemas, cada um contemplando cerca de 15 residências, sendo compostos das seguintes unidades: caixa de gordura, bacia de evapotranspiração (BET) e *wetlands* construídos (WC).

Figura 1 . Mapa de situação do bairro Bulhões, Jaboatão dos Guararapes



Fonte: A autora (2019).

Figura 2 . Mapa da localidade Engelho Bulhões I, Jaboatão dos Guararapes



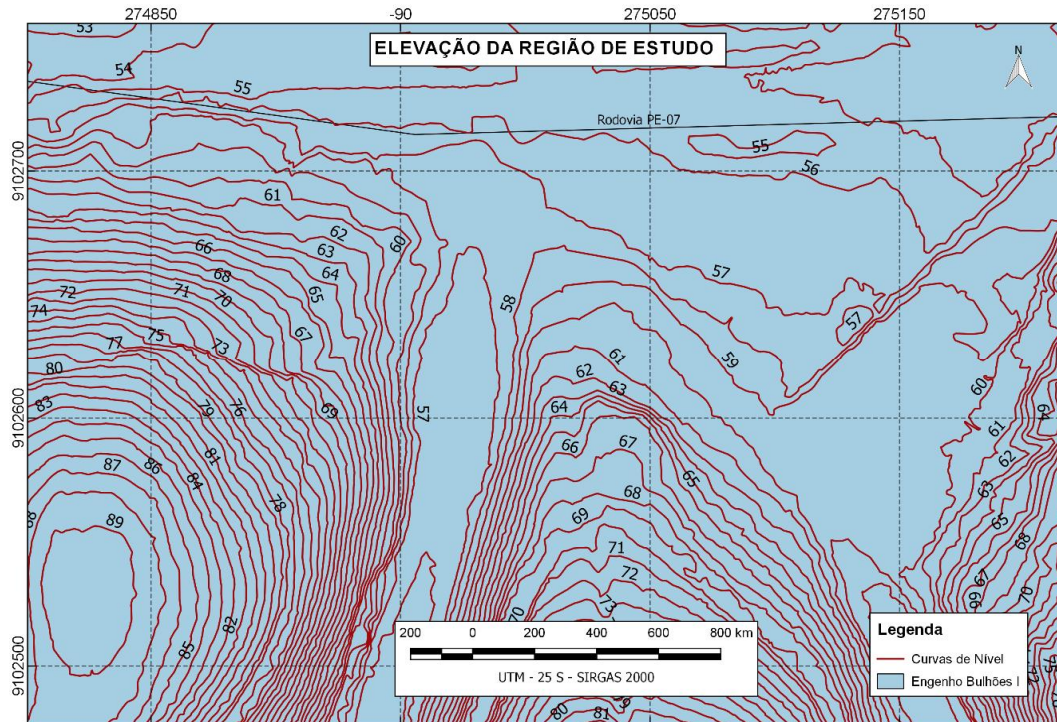
Fonte: PMJG (2016)

Os efluentes foram encaminhados para caixa de gordura, posteriormente para o tratamento primário (BET), e por fim seguiram para o sistema WC, que atua como tratamento secundário dos efluentes. É digno de nota que o dimensionamento dos sistemas BET e WC considerou o método aritmético de projeção populacional para os próximos 10 anos.

Para a escolha da locação do sistema de esgotamento proposto, foi realizada a análise das curvas de nível do terreno bem como imagens aéreas obtidas a partir da disponibilização de dados pela Prefeitura do Município do Jaboatão dos Guararapes (PMJG), datadas de 2016, onde foi possível observar o comportamento do relevo através das curvas de referência, sendo identificada a presença de morros na área de estudo, consoante Figura 3.



Figura 3 . Curvas de nível da região de estudo



Fonte: A autora (2019).

## 2.1 Método Aritmético

É um método simples que se baseia na suposição de que a população aumenta sob a forma de uma progressão aritmética, isto é, apresenta crescimento linear ao decorrer do tempo. Na confecção dos cálculos foram utilizadas as equações 1 e 2 (TINOCO, 2004).

$$r = \frac{P_u - P_p}{u - p} \quad (1)$$

$$P_x = P_u + (x - u)r \quad (2)$$

Onde:

r = taxa de crescimento anual;

$P_u$  = população do último censo;

$P_p$  = população do penúltimo censo;

p = data do penúltimo censo; e

x = data que se quer estimar a população.

## 2.2 Caixa de gordura

No sistema de esgotamento sanitário proposto, para cada domicílio utiliza-se a caixa de gordura pré-existente, que coletará águas cinzas provenientes da cozinha, área de banho, área de lavagem de roupa e pias. A primeira etapa, que antecede à Bacia de Evapotranspiração, foi representada por duas caixas de gordura especiais (CGE) recebendo efluentes de 15 residências cada uma e cujo dimensionamento foi feito em observância às dimensões estabelecidas pela NBR 8160 (ABNT, 1999).

A caixa de gordura do tipo especial (CGE), foi a prismática de base retangular, cujo volume da câmara de retenção foi obtido pela equação:

$$V = 2 \cdot N + 20 \quad (3)$$

Onde:

N = número de pessoas servidas;

V = volume (litros).

Considera-se ainda a altura molhada: 0,60 m e o diâmetro nominal mínimo da tubulação de saída: DN 100. Para confecção da caixa, abriu-se uma trincheira, cuja localização foi planejada com fins de evitar curvas nas tubulações que se ligarão a ela. O fundo da caixa foi feito conforme item 94970 da composição Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), tabela referente ao mês de fevereiro de 2019, em concreto simples  $f_{ck} = 20$  MPa, traço 1:2, 7:3 (cimento/areia média/ brita 1), cuja espessura é 8 cm.

O tubo de entrada foi assentado com a diferença de altura de 10 cm em relação ao tubo de 100 mm de saída, que será destinado à BET. A posteriori, elevaram-se as paredes até a altura de posicionamento a tampa de inspeção. Para ratificação da ausência de vazamentos, foi inserida água na caixa, a qual permaneceu no mesmo nível dentro de um intervalo de tempo de 15 minutos.

## 2.3 Bacia de evapotranspiração (BET)

Como unidade primária de tratamento de efluentes, foi prevista a Bacia de Evapotranspiração que é uma trincheira feita no solo, receptora de águas negras, provenientes de vasos sanitários, e águas cinzas advindas da caixa de gordura

especial. Em razão do alto volume de contribuição para o sistema BET, o sistema não será fechado, tendo saída parcial do efluente por meio da transpiração da vegetação e o excedente será direcionado para a *Wetland* Construída.

Para efeito prático, serão construídos duas BETs as quais atenderão 15 residências cada. Uma vez que seus critérios de dimensionamento se apresentam de modo similar ao do tanque séptico, a NBR 7229 (ABNT, 2003) foi tomada como referência para a confecção dos cálculos, sendo adotada a equação:

$$V = 1000 + N \cdot (C \cdot T + K \cdot L_f) \quad (4)$$

Onde:

V = Volume útil em litros (L)

N = número de pessoa ou unidades de contribuição

C = Contribuição de despejos, em L/dia.

T = Período de detenção, em dias. (Tabela 1)

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (Tabela 2).

L<sub>f</sub> = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa.

A contribuição diária de esgotos é a contribuição diária de esgoto por habitante. Seus valores de referência variam de acordo com o padrão da edificação. Para a confecção do cálculo do volume útil (equação 4), serão utilizados valores parametrizados consoante a NBR 7229 (ABNT, 2003) os quais nortearão na elaboração do projeto.

Posto que o processo de evapotranspiração está subordinado à incidência solar, o sistema foi implantado em local sem interferência de vegetação frondosa. Para impermeabilização da BET, será adotado o método ferrocimento, o qual requer menor utilização de insumos, propiciando menor solicitação estrutural devido à leveza das paredes (VIEIRA, 2010).

Consoante o mesmo autor, a técnica de construção consiste na aplicação de grade de ferro e tela de ~~%~~ e posterior aplicação da argamassa, procedimento

que será realizado em todas as paredes bem como no fundo da bacia, para promoção da segurança estrutural. A argamassa da parede e do piso é composta

por cimento e areia média na proporção de 1:3. Pode-se usar uma camada de concreto sob o piso caso o solo não seja muito firme, funcionando como fundação.

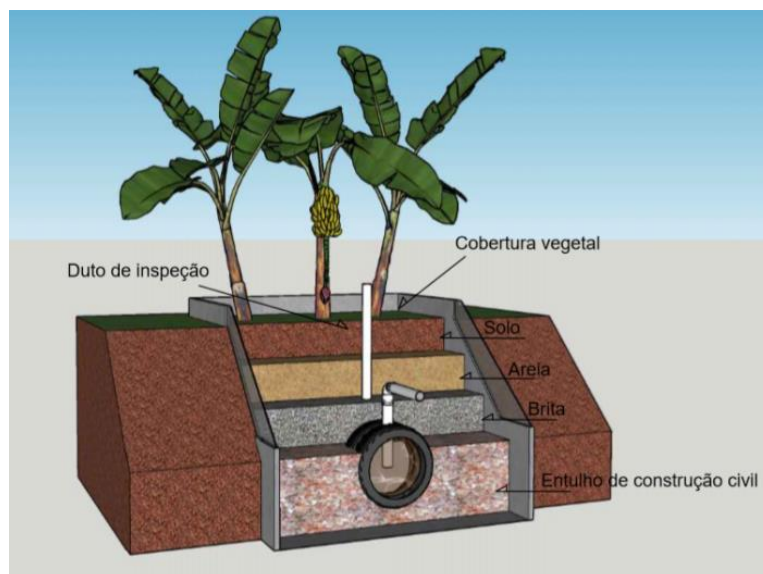
Ratificada a impermeabilidade por meio de processo semelhante ao descrito para caixa de gordura, foi organizado um duto formado pelo alinhamento pneus usados, sem rejunte, o qual recepcionará o efluente gerado e lançará na área adjacente composta por uma camada de entulho preenchida até a altura dos pneus, podendo ser constituída por resíduos da construção civil, na qual ocorre a digestão microbiana anaeróbica. Ademais, será feita a fixação de dois dutos de 100 mm de diâmetro, para a inspeção e coletas de amostras do efluente (VIEIRA, 2010).

A primeira camada de preenchimento da BET é formada por pneus e a colmeia de resíduos, depois seguiu-se uma camada de brita, a qual possibilita o desenvolvimento das raízes da vegetação, e uma camada de areia. No intermédio dessas camadas será aplicada a manta geotêxtil para obstar a passagem da areia e vede os espaços entre a brita. Por fim, será aplicado o solo da própria região que vai até o limite superior da bacia, sendo rico em matéria orgânica e mais arenoso do que argiloso (VIEIRA, 2010).

Ainda segundo Vieira (2010), a BET foi selada com uma última camada acima do seu nível composta por palha bem como será mantido o material vegetal que cai da vegetação implantada com vistas a impedir a submersão devido à precipitação pluviométrica. Além disso, será colocada uma fiada de tijolos nos entornos da bacia para promover o escoamento do excedente dos fluidos.

No plantio devem ser utilizadas espécies de folhas largas. Foram aplicadas bananeiras, plantadas a partir de rebentos em buracos com dimensão 30x30x30 cm preenchidos com matéria orgânica e solo. As mudas serão posicionadas com inclinação para fora, facilitando a colheita dos frutos e o manejo das bananeiras (VIEIRA, 2010).

Figura 4 . Corte transversal de um sistema BET



Fonte: Adaptado de Emater-MG (2016)

#### 2.4 *Wetlands* Construídas (WC)

Como unidade secundária de tratamento de esgoto doméstico, o projeto previu a construção de 2(dois) sistemas *wetlands* . que constituem-se de filtros plantados

com espécies de macrófitas - com potencial de redução dos contaminantes do esgoto. Utilizou-se *wetlands* de fluxo subsuperficial horizontal, por tratar-se de um modelo mais simples em relação ao de fluxo vertical, tendo em vista que o último depende de alimentação intermitente e está associado a maiores custos operacionais, além de ser considerado de difícil adaptação, quando comparado ao sistema horizontal.

No cálculo da vazão de entrada do sistema de *wetlands* construídos, considerou-se a vazão média de esgoto dada pela formulação adaptada de Metcal e Eddy (1991), também abordada nos trabalhos de Weber e Van Kaick (2015) e Souza (2016), conforme Equação 5.

$$Q_{méd} = \frac{P \cdot q \cdot R}{1000} \quad (5)$$

Onde:

$Q_{méd}$  = vazão doméstica média de esgoto (m<sup>3</sup>/dia)

P = número de contribuintes (hab.)

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

R = coeficiente de retorno

Para um tratamento eficiente, para o dimensionamento da *wetland*, foi utilizada a seguinte equação para a obtenção do formato geométrico e as medidas necessárias (SEZERINO, 2006), consoante as Equações 6 e 7:

$$A = \frac{Q \cdot (\ln C_o - \ln C_e)}{K_T \cdot p \cdot n} \quad (6)$$

Onde:

A = área superficial (m<sup>2</sup>);

Q = vazão de projeto (m<sup>3</sup>/dia);

C<sub>o</sub> = concentração de DBO5 afluente (mg/L);

C<sub>e</sub> = concentração de DBO5 efluente desejada (mg/L);

K<sub>T</sub> = coeficiente de remoção de DBO5 (d-1) a dada temperatura do líquido (°C);

p = profundidade média do filtro (m);

n = porosidade do material filtrante (m<sup>3</sup> vazios / m<sup>3</sup> material).

$$K_T = K_{20} \times (1,06)^{T-20} \quad (7)$$

Onde:

K<sub>20</sub> = coeficiente de remoção de DBO5 a 20°C (d-1);

T = temperatura crítica (°C).

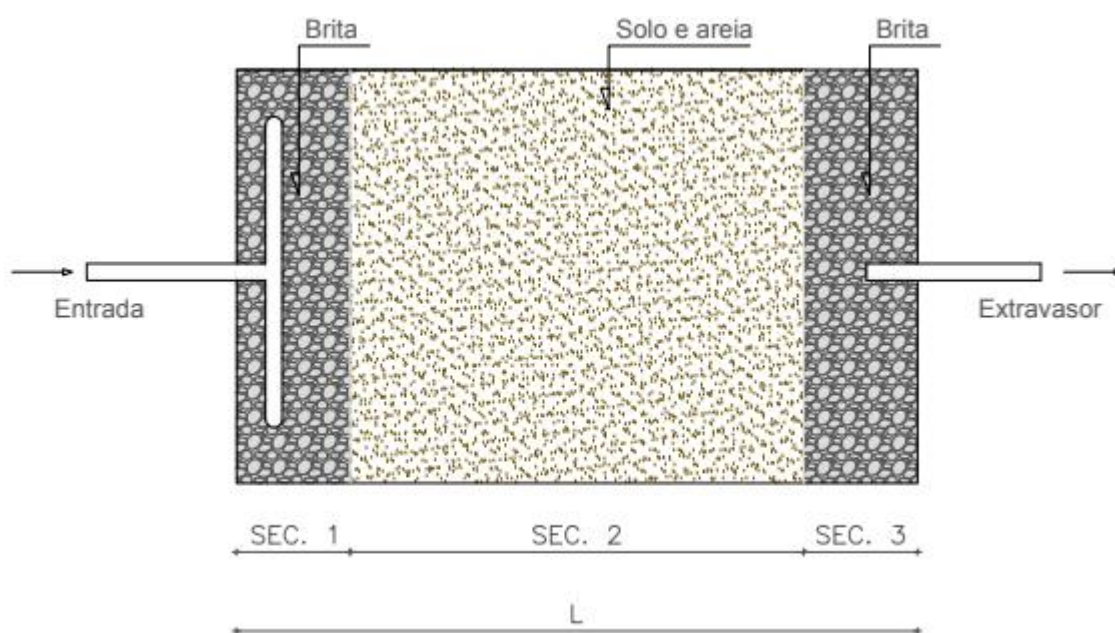
O primeiro passo para confecção da WC é abertura da trincheira, conforme as dimensões supraditas. A posteriori, foi feita a impermeabilização com a aplicação da geomanta. Para determinação das zonas de distribuição do solo, o comprimento total da WC foi dividido por 6. A divisão será feita da seguinte forma: a primeira seção representou 1/6L com brita nº 2 (de 19 mm a 25 mm); a segunda seção recebeu a mistura de solo e areia na proporção 1:4; e a terceira seção receberá brita nº 2 (BUENFIL, 2005).

Delimitadas as diferentes zonas, foram postas tábuas transversalmente no interior da WC para atuarem como barreiras temporárias durante o preenchimento. As seções receberão o material do leito filtrante, de modo alternado com vistas a manter as divisas no lugar, até que se chegue há 10 cm da borda da Wetland. Visto

que o efluente entra de forma direta na WC, o tubo ficou afogado na parte central superior da camada na primeira seção (BUENFIL, 2005).

Na seção 2, representando 2/3 do comprimento da WC, introduziu-se a vegetação, levando em conta a profundidade do talo. Após o plantio as seções foram preenchidas até a borda do filtro e as divisas serão removidas. O emissário da BET foi conectado com a entrada da WC por meio de um tubo PVC DN 100, evitando cotovelos, desvios e mudanças abruptas de nível.

Figura 5 . Planta esquemática do sistema WC



Fonte: Adaptado de Buenfil (2005)

De maneira geral, a seleção da vegetação cultivada está relacionada com a profundidade da zona de raízes e a altura da planta, assim como com o tipo de sistema escolhido, fluxo superficial ou subsuperficial. As macrófitas emergentes, utilizadas em sistemas de fluxo subsuperficial, são fixas no substrato da *wetland* e adaptadas a solos naturais, britas e areias (WEBER; VAN KAICK, 2015).

A macrófita inserida é do gênero *Helicônia*, pertencentes à família *Heliconiaceae*, de origem neotropical, de porte herbáceo, com diferentes tamanhos, podendo chegar até 12 m de altura. Propagam-se por meio de rizomas subterrâneos, que emitem brotações à superfície, podendo ser solitários ou agregados. Cada planta é composta por uma única inflorescência. Essa espécie tem como vantagem o fato de não solicitar de cuidados especiais e ainda propiciar projetos paisagísticos (MOSCA et al, 2004).

### 3 RESULTADOS E ANÁLISE

A localidade Engenho Bulhões I possui aproximadamente 90 residentes, em cujas residências são dotadas de métodos de tratamento irregulares acarretando em poluição do solo e contaminação do lençol freático, como a utilização de fossas negras, que são sistemas similares ao tanque séptico contudo não possuindo impermeabilização, e ainda o lançamento de efluentes in natura ensejando a proliferação de vetores, sendo nocivo à saúde pública. O efeito poluente destes métodos se estende à promoção da poluição visual, odor desagradável e comprometimento da qualidade da água da comunidade.

Com as deficiências no saneamento básico, muitas residências utilizam alternativas mais práticas e menos dispendiosas, sem o conhecimento dos riscos iminentes para a saúde humana. Atualmente a poluição por esgotos é uma das principais fontes de contaminação da água e do solo. Muitas doenças são causadas por águas contaminadas, contendo germes patogênicos de várias doenças, como: cólera, febre tifoide, febre paratifoide, amebíase, ancilostomíase, diarreias infecciosas, esquistossomose, teníase, entre outras (SOUZA, 2015).

Foram propostos dois sistemas, cada um composto por uma caixa de gordura, tratamento primário com uma BET e um WC como tratamento secundário. O dimensionamento do sistema considerou as equações 1 e 2 para o cálculo para projeção populacional referente ao ano de 2029, obtendo-se o valor aproximado de 108 habitantes em cada sistema, totalizando 216 habitantes.

No sistema de esgotamento sanitário proposto, utiliza-se a caixa de gordura pré-existente em cada domicílio, a qual coletou águas cinzas provenientes da cozinha. A primeira etapa foi representada por duas caixas de gordura especiais (CGE) recebendo efluentes de 15 residências cada uma e cujo dimensionamento foi feito consoante a equação 3, donde obteve-se o volume de 0,25 m<sup>3</sup>.

Consoante a NBR 8160 (ABNT,1999), considerou-se a altura molhada de 0,6 m, donde foi possível obter as seguintes dimensões: 0,90 m de largura, 1,0 m de comprimento e 0,80 m de altura.

Para dimensionamento das duas BETs a equação 4 foi tomada como referência para a confecção dos cálculos. Considerou-se o valor de referência para residência padrão baixo que é 100 litros/pessoa.dia e contribuição de lodo fresco como sendo



igual a 1 litro/pessoa.dia ( $L_f = 1,0$ ). Considerou-se a temperatura média do mês mais frio do ano maior que  $20^\circ\text{C}$  e o intervalo de limpeza da bacia a cada 5 anos. O tempo de detenção ( $T$ ) na bacia foi de 12 horas (0,5 dia). Cada BET foi dimensionada para atender um volume útil de aproximadamente  $30\text{ m}^3$ , com dimensões de 2,5 m de largura, 6,0 m de comprimento e 2,0 m de altura.

A primeira camada de preenchimento da BET foi composta por entulhos até a altura da câmara receptora formada por pneus (+/- 60 cm). A segunda camada foi composta por brita (+/- 40 cm), a qual possibilita o desenvolvimento das raízes da vegetação, seguida de uma camada de areia (+/- 40 cm). No intermédio dessas camadas será aplicada a manta geotêxtil para obstar a passagem da areia e vede os espaços entre a brita. Por fim, será aplicado o solo da própria região (+/- 60 cm) que vai até o limite superior da bacia, sendo rico em matéria orgânica (VIEIRA, 2010).

Segundo Almeida e Ucker (2011), baseando-se na pesquisa de Knight et al. (1993), a eficiência na remoção de DBO de uma BET com taxa de evapotranspiração de 40% é de 82%. Logo, como considerou-se a concentração afluyente da  $\text{DBO}_5$  dos esgotos domésticos brutos tem um valor médio da ordem de 350 mg/l, a concentração efluente foi de 63 mg/l.

Na etapa final do tratamento ficou a cargo de duas *Wetlands* Construídas, as quais receberam uma porcentagem do volume excedente de efluente referente à 60%, uma vez que parte do fluido fica retido na BET e é tratado por meio da evapotranspiração das plantas. Consoante Rosa e Bassani (2014), a eficiência de remoção de DBO do sistema WC é de aproximadamente 81%.

A geometria do WCFH será função da área estimada de acordo com as equações 5 e 7, obtendo-se os dados explicitados na tabela abaixo.

Tabela 1 - Características adotadas para cálculo de área

Q ( $\text{m}^3/\text{dia}$ )	5,2
Co (mg/l)	63
Ce (mg/l)	11,97
$K_{20}$	0,4
$K_T$	1,07
T( $^\circ\text{C}$ )	25

Fonte: A autora (2019).

Para obtenção do valor de  $K_T$ , adotou-se o valor da constante para a temperatura de 20°C ( $K_{20}$ ) igual a 0,80 d<sup>-1</sup>, o qual varia 0,70 d<sup>-1</sup> ± 0,23 (ALMEIDA; UCKER, 2011), e considerou-se uma temperatura crítica de 25°C e substituindo em (7). Foram adotados ainda o valor de  $n=0,4$ , coeficiente de porosidade da areia grossa, e foi determinada uma profundidade média de 1 m. Por meio da equação 6, a área estimada foi de 20,5 m<sup>2</sup>. Destarte, a *wetland* foi dimensionado com: 4,10 m de largura e 5,00 m de comprimento. A entrada do fluido proveniente da saída da Bacia, deve estar na parte superior, de preferência cerca de 5 cm abaixo da borda.

Nesta etapa a escolha das espécies de macrófitas aquáticas foi fundamental para uma melhor eficiência no tratamento, uma vez que tais plantas distribuem o fluxo e reduzem a velocidade da água, além de criar condições de sedimentação de sólidos suspensos. As plantas são responsáveis pela remoção de nutrientes do efluente, como fósforo e nitrogênio, reduzindo assim a quantidade de esgoto final. A escolha das plantas, além do poder de remoção de nutrientes, baseou-se na composição paisagística em que, cada uma, participaria (SOUZA, 2016).

A espécie de helicônia escolhida será *Heliconia rostrata*, cujo florescimento ocorre durante todo o ano, a altura varia entre 0,99 a 6,6 m, pode estar em local com 50% de sombra até completa exposição ao sol. Suas características são: inflorescência brácteas em número de 4 a 35; maior área vermelha com porções amarelas na parte distal; lábio proximal esverdeado; sépala amarelo-clara; ovário branco; pedicelo branco e vegetação musóide (MOSCA et al, 2004).

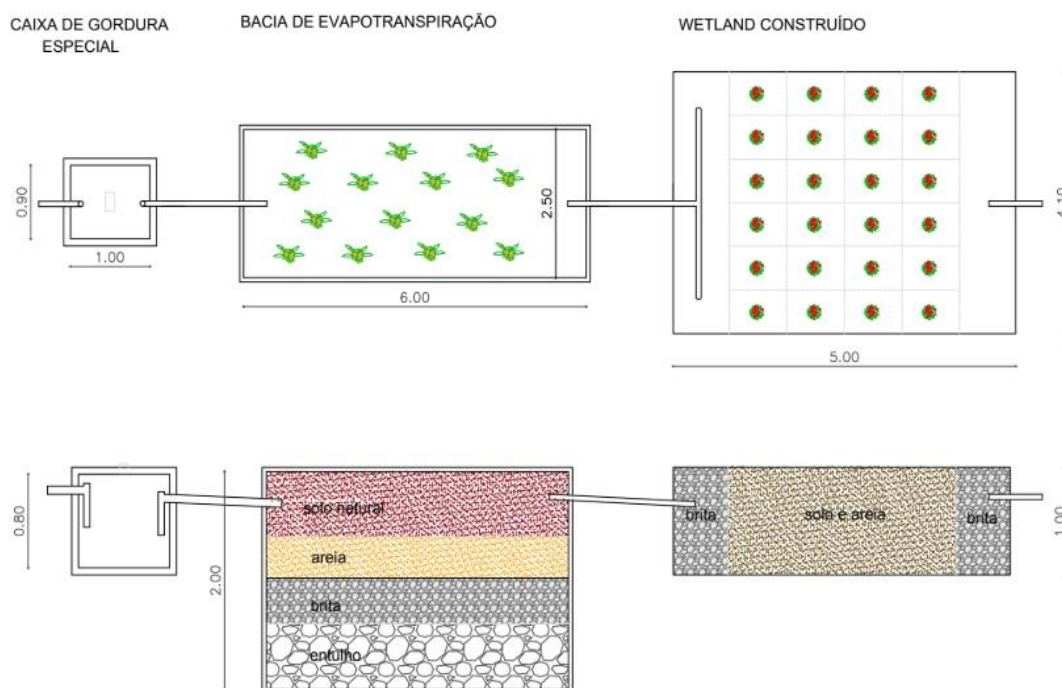
Em cada WC, as helicônias foram distribuídas em uma área de 13,7 m<sup>2</sup>, correspondente a 2/3 da área total, com o espaçamento de 0,4 m entre si, totalizando 35 mudas. A manutenção do sistema prevê podas a cada seis meses ou quando necessário, e replantio no caso das plantas morrerem. No caso de colmatação, parte do substrato pode ser substituído e realizado novo plantio. O sistema foi projetado, para evitar tal fenômeno, porém trabalhos mostram que após um longo período de utilização (superior a 10 anos) ele pode ocorrer (SILVA, 2018).

Figura 6 . Espécie *Helicônia rostrata*



Fonte: A autora (2019).

Figura 7 . Projeto do sistema de tratamento



Fonte: A autora (2019).

Com base no dimensionamento dos componentes dos sistemas e na análise das curvas de nível (Figura 3), as locações foram feitas no nível que compreende a curva de referência com cota 57 m, obedecendo os desníveis do terreno, uma vez

que a rede coletora opera por gravidade, sem utilizar quaisquer sistemas de bombeamento.

Figura 8 . Localização dos componentes do sistema proposto



Fonte: A autora (2019).

Estima-se que a execução deste sistema pode ser realizada em média de 60 dias, com o valor de materiais num total de R\$ 110.000,00. O custo de instalação per capita ficou em torno de R\$ 1200,00 para população atual e R\$ 510,00 para população futura, levando em conta o material e mão de obra utilizados para construção.

#### 4 CONCLUSÕES

Destarte, o projeto apresenta viabilidade técnica e econômica, demonstrando eficiência na remoção de matéria orgânica e nutrientes nos sistemas BET e WC sendo uma alternativa sustentável e de boa durabilidade, de baixos custos de implantação e manutenção. De acordo com a taxa populacional utilizada para o dimensionamento do projeto, o custo de instalação ficou em torno de R\$ 110.000,00, considerando a mão de obra envolvida e o material utilizado para construção.

O projeto traz vantagens socioeconômicas no que diz respeito à produção de frutos e de flores, possibilitando o consumo ou comercialização, além de agregar valores visuais paisagísticos ao local. O sistema proposto adequa-se à realidade de comunidades carentes, principalmente em áreas periurbanas e rurais, as quais não são contempladas com rede coletora de esgoto, visando a melhoria de qualidade de

vida das famílias atendidas, a preservação do meio ambiente e conscientização social quanto à importância do saneamento básico.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993. Disponível em: [http://acquasana.com.br/legislacao/nbr\\_7229.pdf](http://acquasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf). Acesso em: 11 abr. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em: [http://acquasana.com.br/legislacao/nbr\\_13969.pdf](http://acquasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf). Acesso em: 09 abr. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17500/material/NBR%208160%20Sistemas%20prediais%20de%20esgoto%20sanit%C3%A1rio-%20projeto%20e%20execu%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

ALMEIDA, R. A.; UCKER, F. E. Considerando a evapotranspiração no cálculo da eficiência de estações de tratamento de esgoto com plantas. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 8, n. 4, p. 39-45, 2011.

BRASIL. Ministério das cidades. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2014**. Brasília: Ministério das cidades/Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental/Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. 2016.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento**: Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2015. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2017.

BUENFIL, J. **Biofiltro**: La jardineira que filtra las aguas grises para reciclarlas. Morelos, 2005. Disponível em: [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/BUENFIL%20La%20Jardineira%20que%20Filtra%20las%20Aguas-SPANISH.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BUENFIL%20La%20Jardineira%20que%20Filtra%20las%20Aguas-SPANISH.pdf). Acesso em: 02 abr. 2019.

CEF. Ministério da Fazenda. **SINAPI**: custos de composição analítico . SINAPI. Referencial Desonerado. Fevereiro/2019. Caixa. Pernambuco, PE.

EMATER-MG. **Tanque de evapotranspiração para tratamento de efluentes do vaso sanitário domiciliar**. 2016. 11p. Disponível em: [http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/DETEC\\_Ambientaltvap\\_com\\_defluvio.pdf](http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/DETEC_Ambientaltvap_com_defluvio.pdf). Acesso em: 15 abr. 2019.

FRANÇA, J. T. L. **Avaliação do desempenho da modificação de um sistema de tratamento de esgoto composto por tanque séptico e filtro anaeróbio por um modelo de aeração compartimentada.** Campinas, SP: [s.n.], 2012. p. 1833-1841.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS. 2009.

HOFFMANN, H. et al. **Technology review of constructed wetlands:** Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment. Alemanha: Deutsche Gesellschaft für, 2011. Disponível em: [http://www.susana.org/\\_resources/documents/default/2-930-giz2011-en-technology-review-constructed-wetlands.pdf](http://www.susana.org/_resources/documents/default/2-930-giz2011-en-technology-review-constructed-wetlands.pdf). Acesso em: 27 set. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo populacional 2010.** Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 30 set. 2018.

JABOATÃO DOS GUARARAPES. **Lei 002, de 11 de Janeiro de 2008.** Institui o plano diretor do município do Jaboaão dos Guararapes e estabelece as diretrizes para a sua implantação. Jaboaão dos Guararapes: PMJG. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-jaboatao-dos-guararapes-pe>. Acesso em: 29 set. 2018.

JUNQUEIRA, W. B. C. et al. Estudos hidrodinâmicos do escoamento em caixa de gordura empregada no tratamento preliminar dos efluentes de cozinha industrial. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v.22, n.5, set/out 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v22n5/1809-4457-esa-22-05-00911.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2019.

KADLEC, R. H.; WALLACE, S. D. **Treatment Wetlands.** Abingdon: Taylor & Francis Group, 2. ed., 2009.

MOSCA, J. L.; QUEIROZ, M. B.; ALMEIDA, A. S.; CAVALCANTE, R. A.; ALVES, R. E. **Helicônia:** descrição, colheita e pós-colheita. Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos. 2004.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. L. Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social. In: LIRA, WS., and CÂNDIDO, GA., orgs. **Gestão sustentável dos recursos naturais:** uma abordagem participativa [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2013, pp. 213-232. ISBN 9788578792824. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/bxj5n/pdf/lira-9788578792824-09.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2019.

PAULO, L. P.; BERNARDES, F. S. **Estudo de tanque de evapotranspiração para o tratamento domiciliar de águas negras.** Mato Grosso do Sul: UFMS, 2009.



PHILIPPI, L.S. Saneamento descentralizado: instrumento para o desenvolvimento sustentável. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental , 9., 2000, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: ABES, 2000.

ROSA, C. D.; BASSANI, L. **Projeto e dimensionamento de um sistema Wetlands Construído (WC) em residência unifamiliar no município de Chapecó - SC e comparativo de custos com as lagoas de estabilização.** 2014. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó.

SEZERINO, P. H. **Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (constructed wetlands) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima subtropical.** Pablo Heleno Sezerino . Florianópolis: Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, 2006.

SILVA, C. E. **Sistemas de tratamento de esgotos sanitários.** Notas de aula, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

SILVA, A. J. B. **Potencial de reúso em escola de nível médio.** 2018. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife.

SOUZA, C. A.; SANTOS, B. S. **Implantação de um sistema de tratamento de esgoto, com a aplicação de um wetland de fluxo horizontal subsuperficial em Esmeraldas/MG.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Centro Universitário UNA Belo Horizonte, 2016. 17f.

SOUZA, K. F. O. **Fossas negras: um problema para o meio ambiente e para a saúde pública.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (curso Superior de Tecnólogo em Gestão Ambiental) - Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes, 2015.

TINOCO, A. **Noções de democracia e estimativas de populações.** Viçosa: UFV, 2004.

VERHOEVEN, J.T.A.; MEULEMAN, A.F.M. Wetlands for wastewater treatments: Opportunities and limitations. **Ecol. Engine.**, v.12, n.1/2, p.5-12, 1999.

VIEIRA, I. **Bacia de evapotranspiração.** Criciúma: Setelombas, 2010. Disponível em: <http://www.setelombas.com.br>. Acesso em: 02 abr. 2019.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental /UFMG, 1996. v. 1. 243 p.

WEBER, C. F.; PRADO, M. R.; VAN KAICK, T. S. Dimensionamento de wetlands construídas em sistemas individuais de tratamento de esgoto sanitário. In: Simpósio Brasileiro sobre Wetlands Construídos, 2., 2015, Curitiba. **Anais...** Curitiba: 2015. 9p.