



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS CRATEÚS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

HELIANA RODRIGUES DE SOUZA

**SANEAMENTO RURAL SUSTENTÁVEL: SISTEMAS ALTERNATIVOS PARA A
REGIÃO DOS SERTÕES DE CRATEÚS**

**CRATEÚS
2019**

HELIANA RODRIGUES DE SOUZA

SANEAMENTO RURAL SUSTENTÁVEL: SISTEMAS ALTERNATIVOS PARA A
REGIÃO DOS SERTÕES DE CRATEÚS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título do grau de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof. Me. Janine Brandão de Farias Mesquita.

CRATEÚS

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S238s Souza, Heliana Rodrigues de.
Saneamento rural sustentável : sistemas alternativos para a região dos Sertões de Crateús / Heliana Rodrigues de Souza. – 2019.
92 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Ambiental, Crateús, 2019.
Orientação: Profa. Ma. Janine Brandão de Farias Mesquita.
1. Saneamento rural. 2. Reúso de água. 3. Viabilidade técnica-financeira.. I. Título.

CDD 628

HELIANA RODRIGUES DE SOUZA

SANEAMENTO RURAL SUSTENTÁVEL: SISTEMAS ALTERNATIVOS PARA A
REGIÃO DOS SERTÕES DE CRATEÚS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental
da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do título do grau de
bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Janine Brandão de Farias Mesquita (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Luis Felipe Cândido
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Reinaldo Fontes Cavalcante
Instituto Federal do Ceará (IFCE), Campus Quixadá

À Deus.

Ao meu filho, Anthony Henry.

E a todos que sofrem com o esquecimento público.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, por sempre está presente em minha vida e a minha família: meu pai, Eliseu Alexandre; minha mãe, Helenita Coelho; minhas irmãs, Antonia Alzira e Helenilce Coelho por sempre estarem à disposição de cuidarem do meu filho, Anthony Henry enquanto eu me dedicava aos estudos e também por sempre me apoiarem.

Aos meus ex-colegas e amigos de ensino médio, por sempre terem sido uma segunda família para mim. Em especial ao Carlos Álefe, por ter me dado força para cursar engenharia; ao Ivo de Matos, por ainda está comigo nesse caminho difícil da graduação e à Gabriela Soares que continua me dando forças.

Aos meus ilustres amigos e companheiros da graduação, dando ênfase ao Alisson Torquato, em quem eu busco me inspirar; à Marcela, por quem tenho um grande carinho e respeito; à Monalisa Elias que é uma grande amiga que admiro muito por sua força de vontade; à Karina Albuquerque, uma vencedora! E pôr fim ao Francisco Igor, por sempre está disponível para me ajudar e ser um bom amigo.

Aos professores da graduação com destaque, ao único Alan Michel que foi e será o meu professor de exemplo e a pessoa que guardarei um grande carinho. À professora Janine Brandão, por ter me orientado com apreço e dedicação e ao professor Luís Cândido por ter me ajudado a desenvolver esse presente trabalho.

À Cáritas pela oportunidade de desenvolver o meu estudo e estágio, dando todo suporte técnico e emocional. Ao Instituto Bem Viver por ter fornecido os dados necessários e à E.E.F Santa Rita de Cássia pelo acolhimento.

E por último, porém, não menos importante, agradeço ao meu alicerce: meu filho Anthony Henry, que é tudo por ele e ao meu companheiro Fernando Douglas por me apoiar e me ajudar a realizar o presente trabalho.

“Nenhuma medida poderia contribuir mais para reduzir a incidência de doenças e salvar vidas no mundo em desenvolvimento do que fornecer água potável e saneamento adequado a todos”

Kofi Annan

RESUMO

No Brasil o saneamento básico, principalmente o esgotamento sanitário, ainda possui infraestrutura insuficiente, visto que a tecnologia mais usada para destinação dos esgotos domésticos são as fossas absorventes. Essa infraestrutura é ainda mais crítica nas zonas rurais, áreas de acesso mais difícil e de baixo investimento governamental, o que tem feito com que sistemas alternativos de tratamento e disposição de resíduos líquidos se apresentem como uma boa solução para esse problema. Assim este estudo teve por objetivo analisar sistemas alternativos de baixo custo para a destinação dos resíduos líquidos para zonas rurais do semiárido nordestino. Para tal, realizou-se um estudo na região rural dos Sertões de Crateús, centro oeste do estado do Ceará. Investigou-se a viabilidade técnica e financeira de três sistemas alternativos de baixo custo: fossa verde; ciclo de bananeira; e a bioágua familiar, tecnologia já implementada na região. A caracterização da área de estudo se deu pela análise dos seguintes parâmetros essenciais para a viabilidade da implementação das tecnologias propostas: renda *per capita*, taxa de empregabilidade, taxa de escolaridade, população, faixa etária, taxa de esgotamento sanitário adequado, precipitação, evapotranspiração, insolação e tipo do solo da microrregião dos Sertões de Crateús. Além disso, para a tecnologia bioágua familiar, já implantada na região, analisaram-se relatórios, manuais, bem como visitas técnicas e análises qualitativas da água de reuso. Desta, foram analisados os parâmetros Temperatura (°C), pH, Oxigênio Dissolvido (ppm), Nitrogênio Amoniacal (ppm) e Ferro (ppm). Constatou-se que a região dos Sertões de Crateús é adequada para a implantação da tecnologia bioágua, bem como foi proposto um sistema alternativo que se constitui de uma fossa verde e círculo de bananeiras, sendo analisado cenários com construção participativa e mão-de-obra contratada. Verificou-se ainda que os sistemas alternativos, como o bioágua, estão ganhando o seu espaço na região dos Sertões de Crateús, configurando-se uma importante ferramenta sobre a conscientização de reuso das águas cinzas para a produção de alimentos e renda complementar para as famílias beneficiárias, uma vez que os parâmetros de qualidade da água analisados são adequados para o reuso agrícola. Constatou-se também que o sistema fossa verde e círculo de bananeiras é uma alternativa para a reutilização de águas negras e águas cinzas, sendo uma alternativa viável para as famílias com menos renda, com custo estimado de R\$ 1.611,23. Por fim, o estudo contribui para um melhor entendimento sobre saneamento ecológico, o que pode promover a emancipação das comunidades rurais em relação à auto sustentabilidade.

Palavras-chave: Saneamento rural. Reuso de água. Viabilidade técnica-financeira.

ABSTRACT

In Brazil, basic sanitation, mainly sanitary sewage, still has insufficient infrastructure, since the most used technology for the disposal of domestic sewage is the absorbent cesspits. This infrastructure is even more critical in rural areas, areas of more difficult access and low government investment, which has made alternative systems of treatment and disposal of liquid waste present as a good solution to this problem. Thus, this study aimed to analyze alternative low cost systems for the disposal of liquid waste to rural areas of the northeastern semi-arid region. For this, a study was carried out in the rural region of the Sertões de Crateús, in the western center of the state of Ceará. We investigated the technical and financial feasibility of three alternative low-cost systems: green fossa; banana cycle; and the family bio-technology, already implemented in the region. The characterization of the study area was based on the analysis of the following key parameters for the feasibility of implementing the proposed technologies: per capita income, employability rate, education rate, population, age group, adequate sanitary sewage rate, precipitation, evapotranspiration, insolation and soil type of the Sertões de Crateús microregion. In addition, for the familiar bio-water technology already in place in the region, reports, manuals, technical visits and qualitative analyzes of reuse water were analyzed. From this, the parameters Temperature ($^{\circ}$ C), pH, Dissolved Oxygen (ppm), Ammonia Nitrogen (ppm) and Iron (ppm) were analyzed. It was verified that the region of the Sertões de Crateús is suitable for the implantation of the bio-water technology, as well as an alternative system was proposed that is constituted of a green fossa and circle of banana trees, being analyzed scenarios with participative construction and labor contractor. It was also verified that alternative systems, such as the bio-water, are gaining their space in the Sertões de Crateús region, becoming an important tool on the awareness of gray water reuse for food production and complementary income for families since the water quality parameters analyzed are suitable for agricultural reuse. It was also verified that the green fossa system and circle of banana trees is an alternative for the reuse of black waters and gray waters, being a viable alternative for the families with less income with estimated cost of R \$ 1,611,23. Finally, the study contributes to a better understanding of ecological sanitation, which can promote the emancipation of rural communities in relation to self-sustainability.

Keywords: Rural sanitation. Water reuse. Technical and financial feasibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição do consumo de água em uma residência.....	10
Figura 2 - Sistema Tanque séptico - Filtro de coco - Vala de bambu.	12
Figura 3 - Passo a passo da construção dos módulos da fossa verde no Assentamento 25 de Maio.....	18
Figura 4 - Mini-BET (fossa verde) impermeabilizada com uma mistura de cimento e cola. ..	19
Figura 5 – Delineamento da pesquisa.....	19
Figura 6 – Mapa dos Sertões de Crateús.	20
Figura 7 – Precipitação normal acumulada (mm) do Município de Crateús-CE.	22
Figura 8- Evapotranspiração Potencial mensal (mm) do Município de Crateús-CE.	22
Figura 9 - Insolação total (horas) no Município de Crateús-CE.....	23
Figura 10 - Quantitativo da população (2018) dos Sertões de Crateús.	24
Figura 11- Taxa de Empregabilidade (%) em 2016 dos Municípios dos Sertões de Crateús...25	
Figura 12- Renda per capita (R\$) em 2015 dos Municípios dos Sertões de Crateús.	25
Figura 13- Taxa de Escolaridade (%) em 2010 dos Municípios dos Sertões de Crateús.	26
Figura 14- Taxa de Esgotamento sanitário adequado dos Municípios dos Sertões de Crateús.	26
Figura 15- Localização do distrito Água Branca, Ipaporanga –CE.....	30
Figura 16- Dimensões das placas de.....	41
Figura 17- Disposição das placas de pré-moldados adotadas para o sistema bioágua.	42
Figura 18- Dimensões da caixa de gordura adotadas para o sistema bioágua.....	42
Figura 19- Dimensões das camadas adotadas para o sistema bioágua.....	43
Figura 20- Esquema do sistema fossa verde – círculo de bananeiras.....	47
Figura 21- Passo a passo da construção do círculo de bananeiras.....	48
Figura 22- Comparação orçamentária considerando os três esquemas em dois cenários.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Orçamento da mini-BET com paredes de garrafa PET.....	19
Tabela 2 - Faixa Etária (anos) no ano de 2010 nos Municípios dos Sertões de Crateús.	24
Tabela 3 - Esquemas propostos para o orçamento.....	37
Tabela 4 - Quantitativo da produção nos quintais familiares com a tecnologia de reúso Bioágua.	39
Tabela 5 – Dimensionamento dos componentes do Bioágua.	40
Tabela 6 - Resultado das análises nas amostras de água antes da passagem pelo filtro e depois.	44
Tabela 7 - Dimensões do sistema fossa verde-círculo de bananeiras projetado.....	46
Tabela 8 - Orçamento com serviço contratado para os três esquemas escolhidos.	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BET	Bacia de Evapotranspiração
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GEF	Fundo Global de Desenvolvimento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBV	Instituto Bem Viver
IDACE	Instituto de Desenvolvimento Agrário do Ceará
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
ISPN	Instituto Sociedade População e Natureza
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial de Saúde
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico desenvolvimento
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PPP_ECOS	Sistema de Avaliação de Impactos Sociais
SAC	Sistema de Avaliação de Cursos Graduação
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Objetivos	2
<i>1.1.1</i>	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>2</i>
<i>1.1.2</i>	<i>Objetivos específicos</i>	<i>2</i>
1.2	Estrutura do trabalho.....	3
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.1	Saneamento Rural.....	3
2.2	Águas de Reúso	7
2.3	Sistemas alternativos de tratamento de águas residuárias	10
<i>2.3.1</i>	<i>Fossas absorventes.....</i>	<i>11</i>
<i>2.3.2</i>	<i>Tanque séptico.....</i>	<i>11</i>
<i>2.3.3</i>	<i>Sistema Tanque séptico - Filtro de coco - Vala de bambu.....</i>	<i>12</i>
<i>2.3.4</i>	<i>Sistemas Alagados Construídos (SAC).....</i>	<i>13</i>
2.4	Bacia de Evapotranspiração	13
<i>2.4.1</i>	<i>Digestão anaeróbia</i>	<i>14</i>
<i>2.4.2</i>	<i>Processos Aeróbios.....</i>	<i>15</i>
<i>2.4.3</i>	<i>Evapotranspiração</i>	<i>16</i>
<i>2.4.4</i>	<i>Estado da Arte.....</i>	<i>16</i>
3	METODOLOGIA.....	19
3.1	Diagnóstico da área de estudo.....	20
3.2	Tecnologia Bioágua	27
<i>3.2.1</i>	<i>Análise documental.....</i>	<i>27</i>
<i>3.2.2</i>	<i>Funcionamento do Bioágua Familiar</i>	<i>28</i>
<i>3.2.3</i>	<i>Bioágua na E.E.F Santa Rita de Cássia</i>	<i>30</i>
<i>3.2.3.1</i>	<i>Entrevista.....</i>	<i>31</i>
<i>3.2.3.2</i>	<i>Análise qualitativa da água.....</i>	<i>31</i>
3.3	Projeto Fossa Verde – Círculo de Bananeiras	32
<i>3.3.1</i>	<i>Dimensionamento Fossa Verde – Círculo de Bananeiras.....</i>	<i>32</i>
<i>3.3.2</i>	<i>Aspectos técnicos e construtivos.....</i>	<i>33</i>
<i>3.3.2.1</i>	<i>Bacia de Evapotranspiração.....</i>	<i>33</i>
<i>3.3.2.2</i>	<i>Círculo de Bananeiras.....</i>	<i>35</i>
<i>3.3.3</i>	<i>Análise de custos do projeto</i>	<i>37</i>

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	Tecnologia Bioágua Familiar	37
4.1.1	<i>Funcionamento do Bioágua Familiar</i>	40
4.1.2	<i>Bioágua na E.E.F Santa Rita de Cássia</i>	43
4.1.2.1	<i>Análise qualitativa da água.....</i>	44
4.2	Projeto Fossa Verde – Círculo de Bananeiras	46
4.2.1	<i>Dimensionamento</i>	46
4.2.2	<i>Aspectos técnicos e construtivos.....</i>	46
4.2.2.1	<i>Bacia de Evapotranspiração.....</i>	47
4.2.2.2	<i>Círculo de Bananeiras.....</i>	48
4.2.3	<i>Análise de custos do projeto</i>	48
5	CONCLUSÃO.....	51
	REFERÊNCIAS	53
	APÊNDICE A – ENTREVISTA SOBRE O BIOÁGUA	61
	APÊNDICE B – ANÁLISE QUALITATIVA DA ÁGUA	62
	APÊNDICE C – SISTEMA DE DIMENSIONAMENTO PARA A FAMÍLIA	63
	APÊNDICE D– PLANTA SISTEMA FOSSA VERDE–CÍRCULO DE BANANEIRAS	64
	APÊNDICE E – COMPOSIÇÕES DE CUSTO	69
	ANEXO A – ORÇAMENTO BIOÁGUA	77

1 INTRODUÇÃO

Na atual conjuntura do saneamento do Brasil, 45% da população, ou 93,6 milhões, não têm acesso aos serviços de saneamento básico, seja por não ter esgoto tratado ou não ser coletado (ANA, 2017). Para agravar a situação, levantamento da Agência Nacional de Águas (2017) aponta que 70% dos 5.570 municípios têm tratamento de esgoto ineficiente com, no máximo, 30% de remoção da carga orgânica, sendo o mínimo 60% conforme a resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005. O restante dos dejetos que não é tratado vai para os rios ou é disposto diretamente no solo.

Neste contexto, a ANA (2017) estimou que o investimento necessário para universalizar a coleta e o tratamento do esgoto no Brasil até 2035 de R\$ 149,5 bilhões sendo a região nordeste a que mais precisa de investimentos, devido ao baixo nível de cobertura e da alta ocorrência de rios intermitentes ou efêmeros. E mais, mesmo que fosse alcançado as metas do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), a previsão para 2033 é de que nas áreas rurais os indicadores chegassem, no máximo, a 77% da população para água potável e 62% para a coleta de esgotos. Isto significa que a universalização do saneamento básico nas áreas rurais não é prevista nem em um futuro mais longo (SANTOS, 2016).

Com a universalização do saneamento básico sendo uma utopia para as áreas rurais, as disposições dos esgotos domésticos feitas em recursos hídricos ou diretamente no solo se apresentam não só como um problema estético ou ambiental, mas como um problema de saúde. O lançamento de esgoto em corpos d'água e no solo, mesmo tratado, pode resultar na poluição desses e desencadear proliferações de vetores de doenças de veiculação hídrica, como cólera; febre tifóide; leptospirose entre outras (CESA; DUARTE, 2010).

Por outro lado, o esgoto doméstico pode se apresentar como uma fonte de recursos. Os nutrientes presentes no esgoto podem significar uma vantagem substancial para o reúso de água, especialmente em irrigação, pois são insumos necessários para o cultivo de plantas (MOTA; VON SPERLING, 2017). Em função disso, no presente trabalho foram pesquisadas tecnologias de tratamento de esgoto que garantam a qualidade dos efluentes, tanto para reúso, bioágua e fossa verde, como para disposição no solo, círculo de bananeiras, que possam contribuir no avanço do saneamento ecológico nas zonas rurais da região dos Sertões de Crateús. O tratamento adequado de esgoto para a sua utilização produtiva, representa solução para os problemas de poluição da água e de escassez de recursos hídricos, contribuindo para a proteção ambiental e para a geração de alimentos e de outros produtos (MOTA; VON SPERLING, 2017).

Por fim, a tendência é que o saneamento rural se desenvolva numa velocidade menor do que nas áreas urbanas, por toda a complexidade do baixo adensamento de pessoas, dificultando a construção das tradicionais redes de coleta e tratamento (SANTOS, 2016). Desta forma, o presente trabalho contribui para a melhoria do saneamento básico rural, investigando sistemas alternativos de tratamento de baixo custo e que proporcione a auto sustentabilidade.

É importante salientar que apesar de bastante debatido e aceito o conceito de sustentabilidade não possui precisão e acaba ganhando vários sentidos, algumas vezes contraditórios (BARBOSA *et al.*, 2012). Existem vários interesses conflitantes quando se fala em sustentabilidade e, por vezes o termo se restringe erroneamente a ações de cunho estritamente de caráter ecológico.

Apesar destas divergências, o conceito mais amplamente aceito é o do tripé da sustentabilidade que envolve as dimensões ambiental, social e econômica como proposto por Elkington (1999). Para ser sustentável, portanto, as soluções de engenharia devem promover o crescimento econômico, a proteção ambiental e a equidade social.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo geral:

Analisar sistemas alternativos de baixo custo para a destinação dos resíduos líquidos para zonas rurais do semiárido nordestino.

1.1.2 Objetivos específicos

Especificamente, pretendeu-se:

- a) analisar as características da região dos sertões de Crateús para verificação da viabilidade da implantação de sistemas alternativos de tratamento de resíduos líquidos
- b) caracterizar três sistemas alternativos de tratamento de resíduos líquidos;
- c) analisar a tecnologia Bioágua Familiar, referente aos aspectos técnicos, financeiros e de qualidade do efluente gerado;
- d) desenvolver uma planilha automatizada que permita as famílias dimensionarem um sistema de fossa verde;
- e) analisar as dificuldades da implantação um ciclo de bananeiras em uma edificação residencial do sertões de Crateús;
- f) analisar os custos de construção das três alternativas estudadas;

1.2 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está subdividido em cinco seções, incluindo esta introdução. A seguir, na seção dois, apresenta-se a base conceitual do trabalho em que se apresenta o contexto do saneamento rural evidenciando sua incipiência no Brasil. Em seguida, apresenta-se os fundamentos para o entendimento da reutilização de águas residuárias. Por fim, apresenta-se os sistemas alternativos de tratamento de água e a bacia de evapotranspiração (BET).

Na terceira seção apresenta-se o método de pesquisa constituído da combinação de diferentes métodos, como discutido na referida seção. Apresenta-se, também, o diagnóstico preliminar da região do estudo.

Na quarta seção são apresentados os resultados e discussões. Apresenta-se o estudo de caso da tecnologia Bioágua da Escola de Ensino Fundamental Santa Rita de Cássia, bem como o projeto proposto e implantado no âmbito do presente estudo. Por fim, apresentam-se os resultados da análise de custo.

A seção quinta encerra o trabalho apresentando sua conclusão, conectando os objetivos pretendidos, os resultados alcançados e o que estes permitem generalizar. Sugestões de trabalhos futuros são apresentados e, após estas, os apêndices e anexos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Saneamento Rural

Comunidades rurais têm sido o objeto de ainda estudos incipientes no que se refere ao esgotamento sanitário e mais estudos precisam ser realizados para que as situações dessas populações sejam mais conhecidas. Existe uma disparidade grande entre o atendimento adequado de esgotamento sanitário entre centros urbanos e rurais, pois a cada dez pessoas que não são atendidas com saneamento adequado, sete vivem em áreas rurais (WHO/UNICEF, 2015 APUD TONETTI *et al.*, 2018).

Apesar do esgotamento sanitário ter mais facilidade de atendimento no meio urbano, ainda não é totalmente abrangente, pois, de acordo com dados do IBGE (2010), 64% dos domicílios urbanos brasileiros o tipo de esgotamento sanitário mais frequente é a rede geral de esgoto ou pluvial. Enquanto isso, os restantes das residências brasileiras usam tecnologias como fossas rudimentares (20%) e fossas sépticas (11%) (LANDU; MOURA, 2016). Todavia, impressiona que ainda existe a disposição direta nas ruas ou em corpos d'água, representado 5% dos domicílios urbanos (LANDU; MOURA, 2016).

O foco nas comunidades rurais não é tão expressivo principalmente devido às políticas públicas não serem representativas com o tema saneamento básico rural. De acordo com os dados mais atuais, 30 milhões de pessoas vivem em comunidades rurais (IBGE, 2010) e uma representatividade de 49 % dessa população, segundo a Organização Mundial de Saúde (2015) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (2015), convivem diariamente com recursos inadequados de esgotamento sanitário, a exemplo do uso de banheiros compartilhados pela comunidade, defecação ao ar livre e ou ainda o lançamento dos dejetos sem qualquer tratamento diretamente no solo ou corpos d'água.

Estudos técnicos cada vez mais confirmam a realidade precária do saneamento na zona rural. Um estudo realizado com levantamento de dados por meio de 225 entrevistas na zona rural do município de Holambra, São Paulo, em 2013, revelou particularidades de como uma população rural de 3.135 habitantes fazem a disposição do esgoto gerado. O estudo traz como resultados que 60% das residências utilizam fossas rudimentares e que dos entrevistados alguns não souberam especificar o tipo de fossa utilizada, 31%. E esse último dado remete a outro problema na questão ambiental, a falta de informações e conhecimento sobre o saneamento básico e sobre os direitos que a população brasileira tem em relação ao saneamento básico assegurado pela Lei 11445 de janeiro de 2007 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico (SUPREMA, 2013).

Os resultados do estudo realizado no município de Holambra só ratificam que as soluções usadas pelos domicílios rurais são consideradas inadequadas para o esgotamento sanitário. Dados do IBGE (PNAD, 2013) acrescentam ao diagnóstico realizado que aproximadamente 8% dos domicílios rurais pesquisados pelo censo de 2010 estão conectados à rede coletora de esgoto. Entretanto 13% não possuem nenhum tipo de sistema de tratamento de esgoto. Entre esses 13%, 58% utilizam práticas de esgotamento sanitário inadequadas, disposição final do esgoto em corpos d'águas, diretamente no solo e em valas, as mesmas soluções que são adotadas em zonas urbanas isoladas apresentadas pelo Landu e Moura (2016).

Porém, o descaso do poder público com o saneamento nessa região não remete somente aos problemas estéticos do meio ambiente. O cenário que atualmente a população rural do Brasil está exposta pode se refletir na saúde, onde os indivíduos estão vulneráveis a diversas doenças por veiculação hídrica, que impacta diretamente no índice de mortalidade infantil, além de o esgotamento sanitário inadequado contribuir para a poluição dos mananciais e a consequente deterioração do meio ambiente (FUNASA, 2015).

Neste sentido, importa destacar o que é um saneamento adequado. A OMS (1989) define sendo saneamento o conjunto de medidas que visam a preservação ou alteração das

condições do meio ambiente, tendo como objetivo prevenir doenças e promover a saúde. De acordo com a Lei 11445 de janeiro de 2007, entende-se por saneamento básico o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

O saneamento básico engloba tantas vertentes problemáticas que não se resume somente ao esgotamento sanitário. Porém, diante da atual realidade das comunidades mais afastadas dos centros urbanos, o esgotamento primário torna-se o alvo das incertezas quanto a eficiência e aplicabilidade dessa referida lei (MOTA; SOUSA; SILVA, 2015). A mesma ainda traz a definição de esgotamento sanitário que para efeito desta lei é constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente (MOTA; SOUSA; SILVA, 2015).

Considerando a definição dada pela lei e os dados do IBGE (PNAD, 2013) que apresentam a conjuntura do Nordeste, destacando-se que o uso de fossas (47,7%) na região supera o número de ligações à rede geral (44,3%), causando a seguinte reflexão: o saneamento básico que tem como princípio fundamental a universalização do acesso estabelecido por lei se traduz numa grande desproporção com o efetivo. Devido a essa desproporção e aos problemas já apresentados quanto ao saneamento rural Martin, Isabel e Ikabul (2010) trazem o conceito de saneamento ecológico para quem o saneamento que tem como convicção que a excreta humana não é um resíduo, e sim um recurso importante a ser utilizado para a produção de fertilizante orgânico ou biogás.

Werner *et al.* (2009) destacam que a principal diferença do modelo tradicional de saneamento para o saneamento ecológico é a forma como o resíduo é manejado e visto no processo. O tradicional, além de considerar as excretas como resíduos, acontece dentro de um sistema fechado. Já o saneamento ecológico ao adotar um sistema de ciclo fechado tem a possibilidade de recuperação de compostos orgânicos, de macro e micronutrientes, e da água. Isto é, recursos que podem ser utilizados de forma produtiva na irrigação de hortifruticulturas, como fertilizante, entre outras formas de reaproveitamento.

Outro autor que descreve sobre o saneamento ecológico é Breslin (2002). Segundo o autor, essa alternativa para o saneamento básico baseia-se em três princípios primordiais:

- Oferecer uma solução de saneamento seguro que previne doenças e promove a saúde removendo com sucesso e higienicamente os excrementos ricos em patógenos do meio ambiente;
- Ser ambientalmente saudável, pois não contamina as águas subterrâneas ou usa água escassa de recursos hídricos;
- Criar um recurso valioso que pode ser reciclado de forma produtiva de volta ao meio ambiente. Com o tempo, através de uma gestão e armazenamento adequados, os excrementos são transformados de produtos nocivos para um ativo produtivo.

O saneamento ecológico é uma ferramenta ainda pouco difundida, mas que pode ser aplicada de forma eficaz para a problemática do saneamento rural. Práticas como a implantação de fossas verdes; banheiros secos; círculos de bananeiras, realizadas por grupo de pesquisa em saneamento da Unicamp só promovem e reafirmam a importância e a necessidade da implantação de sistemas alternativos e descentralizados de esgotamento sanitário (TONETTI *et al.*, 2018).

Nesta nova perspectiva, o saneamento passa a ser encarado como parte da medicina preventiva, levando aos técnicos da área ambiental e a população a consciência de que o saneamento tem que ser tratado conjuntamente com a saúde pública e meio ambiente (ANDRADE, 2002). Segundo dados da Organização Mundial de Saúde (2005), a cada dólar é investido em saneamento básico cinco, dólares são economizados em serviços de saúde. Além disso, dados do Ministério da Saúde (2018) confirmam que investir no saneamento é um meio de economia para o Poder Público, já que 70% das internações hospitalares são decorrentes da de patologias que poderiam ser evitadas por um sistema de saneamento básico adequado.

O saneamento básico na zona rural é alvo de grandes desafios, principalmente pelos aspectos de infraestrutura e aspectos econômicos, pois as comunidades rurais brasileiras, em ênfase as mais pobres, são objeto de constantes riscos e vulnerabilidade social (REZENDE, 2011). Além disso, a infraestrutura do esgotamento sanitário atualmente, com grandes sub-bacias de esgotamento, implica na necessidade da construção de grandes estações de tratamento e redes coletoras extensas (FUNASA, 2015). Esta solução utilizada nos centros urbanos pode ser inadequada para o ambiente rural, pois os custos de implantação de redes coletoras tornam inviável os projetos (REZENDE, 2011).

Contudo, a responsabilidade sobre o saneamento e as incertezas sobre esse assunto é de âmbito nacional, sendo atribuída a implementação de ações de saneamento em áreas rurais

de todos os municípios brasileiros, inclusive das populações remanescentes de quilombos, assentamentos rurais e populações ribeirinhas, conforme diretrizes do Plano Plurianual de Governo, PPA (2016-2019), à Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Além disso, cabe ao Ministério da Saúde (MS) por meio da coordenação do Programa de Saneamento Rural, a elaboração de um modelo conceitual em concordância com as especificidades dos territórios rurais, de acordo com as diretrizes do Programa Nacional de Saneamento Rural e do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) (CAMPOS; MELLO; BORGA, 2017).

No âmbito local, o poder concedente é o município, e o principal desafio dos municípios é viabilizar a implantação de sistemas de tratamento de esgotos e assegurar o pleno abastecimento de água às suas populações (MOREIRA, 1996). Neste específico, conforme a Lei 8987 de fevereiro de 1995, que dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos, previsto no art. 175 da Constituição Federal, o município pode conceder a prestação do saneamento básico para concessionárias. No Ceará quem atua na maioria dos municípios na prestação desse serviço é a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE).

No entanto, a concessão do saneamento básico também se configura como um desafio para o saneamento rural, já que as empresas concessionárias trabalham com taxas pela utilização do serviço, sendo o esgotamento sanitário calculado de acordo com o consumo de água. Isto se torna inviável no contexto rural, pois na maioria das comunidades o abastecimento de água não provém de infraestrutura das concessionárias. Estima-se que 79% das pessoas que não possuem fonte segura de abastecimento (UNICEF; OMS, 2015), tornando o cálculo financeiro difícil. Isto pode levar a falta de interesse das concessionárias por um lado e a negligência do Poder Público do outro.

Desta forma, tecnologias alternativas devem ser exploradas para minimizar a questão, sendo o reúso de águas uma importante solução, como se discute a seguir.

2.2 Águas de Reúso

A água foi por muito tempo considerada pela humanidade como um recurso inesgotável e, como consequência desse pensamento, era feito uma má gestão do seu uso (SUASSUNA, 2004). Várias regiões do mundo possuem um cenário de falta de água extremo, sendo que para explicar a falta de água o setor técnico utiliza as condições meteorológicas como resposta, o que aponta para a evidente situação problemática das regiões áridas e semiáridas (FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006).

No entanto, o problema da disponibilidade hídrica *versus* demanda por recursos hídricos não é um problema apenas das regiões áridas e semiáridas, pois os conflitos pelo uso da água também se notam em outras regiões, inclusive as que dispõem de recursos hídricos com oferta significativa, o que comprova ainda mais a teoria de má gestão dos recursos hídricos (FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006). Outra questão relevante na temática é o desperdício no abastecimento, visto que 46% da água nacional é perdida nos vazamentos das tubulações ao longo das redes de distribuição (SUASSUNA, 2004).

Assim, é crescente em todo o mundo a consciência da importância do uso racional da água e da necessidade de controle de perdas e desperdícios (SUASSUNA, 2004) tornando a reuso da água fundamental. Neste sentido, os esgotos sanitários são utilizados para diversos fins, dentre os quais, o reuso da água, proporcionando alívio na demanda e preservação de oferta de água para usos múltiplos; a reciclagem de nutrientes, proporcionando economia significativa de insumos, por exemplo, fertilizantes e ração animal; a ampliação de áreas irrigadas e a recuperação de áreas improdutivas ou degradadas; a redução do lançamento de esgotos em corpos receptores, contribuindo para a redução de impactos de poluição, contaminação e eutrofização.

A utilização de esgotos sanitários oferece, portanto, oportunidades de natureza econômica, ambiental e social, mas em situações de acentuada escassez de recursos hídricos pode mesmo se constituir uma necessidade (FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006).

Por definição, “[...] reuso da água é a reutilização da água, que, após sofrer tratamento adequado, destina-se a diferentes propósitos, com o objetivo de se preservarem os recursos hídricos existentes e garantindo a sua sustentabilidade” (FIORI; FERNANDES; PIZZO, 2006, p. 02). Lavrador Filho (1987) sugere a seguinte terminologia para descrever as diversas possibilidades de reuso da água:

- Reuso indireto não planejado: ocorre quando a água já utilizada é descarregada no meio ambiente, portanto sendo diluída, e novamente utilizada a jusante de maneira não intencional;
- Reuso indireto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos cursos d'água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante de forma intencional e controlada, no intuito de algum uso benéfico;
- Reuso direto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são encaminhados diretamente ao local de reuso.

As modalidades de reúso doméstico envolvem uma grande variedade de aplicações, com usos para fins não potáveis devendo prevalecer, já que nesse caso as exigências de qualidade da água são mais flexíveis (FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006). Hespanhol (2002) destaca as seguintes possibilidades de reúso: irrigação de vegetações; reservas para sistemas de proteção contra incêndios; descarga de vasos sanitários; emprego na construção civil; lavagem de automóveis e recreação.

As águas residuais domésticas podem ser classificadas de acordo com as suas diferentes modalidades. Essa diferenciação tem o intuito de proporcionar estudos específicos para cada modalidade, podendo, dessa forma, gerar cenários de reúso ou tratamentos específicos para cada uma (BAZZARELLA, 2005).

Neste contexto, importa destacar, também, que as águas para reúso podem ser classificadas da seguinte maneira (OTTERPOHL, 2001):

- Água negra: efluente proveniente dos vasos sanitários, incluindo fezes, urina e papel higiênico;
- Água cinza: águas servidas, excluindo o efluente dos vasos sanitários;
- Água amarela: representando somente a urina;
- Água marrom: representando somente as fezes.

Separar os fluxos de águas residuárias residenciais em águas cinzas e negras demonstra os princípios da sustentabilidade de tratamento, com a diminuição dos gastos de energia e o aumento da possibilidade de reúso do efluente tratado (PIRES, 2012). Merece relevo, neste específico, a geração e as características relativas do esgoto doméstico em uma residência, conforme a Figura 1.

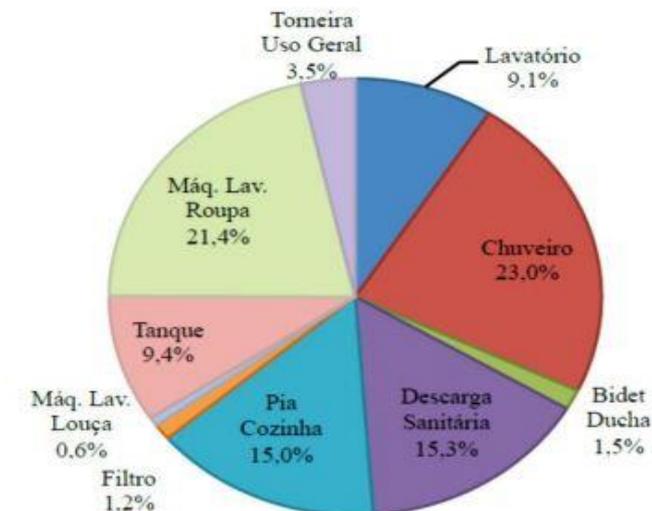
De acordo com Silva Neto (2018), a água cinza, as águas provenientes de torneiras de uso geral; lavatório; máquina de lavar roupas; máquina de lavar louças; tanque; filtro; pia da cozinha e chuveiro, compõe 83,2% do esgoto doméstico. Demonstra-se, portanto, que a água cinza tem a capacidade de substituir, em termos quantitativos, a água consumida na bacia sanitária, por exemplo.

Neste sentido, destaca-se que poucos são os estudos para o tratamento de águas negras no Brasil (PIRES, 2012) e que tecnologia da fossa verde tem sido disseminada como uma importante alternativa para este problema (GALBIATTI, 2009; PIRES, 2012).

Assim, considerando a diversidade de águas de reúso e as suas características inerentes, faz-se imprescindível conhecer os sistemas alternativos de tratamento, acoplando

desta forma, os critérios que permitem o seu uso sustentável, o que é discutido a seguir.

Figura 1 - Distribuição do consumo de água em uma residência.



Fonte: Silva Neto (2018).

2.3 Sistemas alternativos de tratamento de águas residuárias

Nas zonas rurais não é possível realizar o tratamento das águas residuárias da mesma forma como acontece nas cidades e, na maioria das vezes, cabe aos próprios proprietários rurais a responsabilidade pela implantação e operação dos sistemas de tratamento (COSTA, 2014).

Assim, podem-se dividir as comunidades rurais em dois grupos (A e B) segundo Lucca (2014). O Grupo A é formado pelas comunidades que convivem com a ausência de sistema sanitário, que são privadas de mecanismos de defecação. Tem também a ausência de pias e encanamentos que possibilitem a instalação de um sistema de reúso de água cinza. Como existe a falta de encanamento, conseqüentemente, também não existe o tratamento e desinfecção da água para consumo. Já o Grupo B é formado pelas comunidades que dispõem de sistemas sanitários e pias com encanamento, porém não existe sistema de tratamento de efluente e sistema de reúso.

O Grupo A é a realidade das comunidades rurais brasileiras que carecem de sistemas de purificação e desinfecção de água para consumo. Para essas comunidades, sistemas de tratamento individual e coletivo, tanto para águas cinzas e águas negras, vêm se tornando a principal solução para a problemática de práticas inadequadas de disposição de esgoto diretamente no solo. Porém, ainda é muito comum tanto no grupo A como no grupo B a solução mais utilizada ser as fossas absorventes (FUNASA, 2015), fato comprovado pelos dados de pesquisas domiciliares realizadas nas áreas urbanas e rurais (PNAD, 2013).

2.3.1 Fossas absorventes

As fossas absorventes ou fossas rudimentares, mais conhecidas como fossas negras, são basicamente um poço ou buraco que é escavado no solo, sem nenhuma proteção para o solo, onde é feita a disposição do esgoto bruto (TONETTI *et al.*, 2018). As fossas absorventes realizam funções de tanque séptico e sumidouro. Porém, a quantidade de sólidos, matéria orgânica e lodo digerido no interior da fossa causam o entupimento do solo mais rápido (FUNASA, 2015).

Essas fossas são geralmente projetadas e construídas sem existir nenhum projeto ou até mesmo cuidados com a instalação e operação, além de frequentemente não possuírem fechamento adequado, permitindo assim a entrada de águas pluviais, o escoamento do efluente e a proliferação de vetores, tornando-se um ponto de risco para doenças e acidentes no local (TONETTI *et al.*, 2018).

Esse sistema pode provocar vários impactos ambientais, dentre eles estão: contaminação do solo e de águas subterrâneas por nitrato e patógenos (TONETTI *et al.*, 2018). As condições de segurança física e biológica tornam as fossas absorventes um sistema de tratamento e disposição de efluentes inadequados. Porém, existe muita discussão quanto à adequação da fossa absorvente internacionalmente (WHO, 2015) e nacionalmente (FUNASA, 2015) como uma forma de tratamento e disposição final que resolve satisfatoriamente aspectos de saúde pública.

2.3.2 Tanque séptico

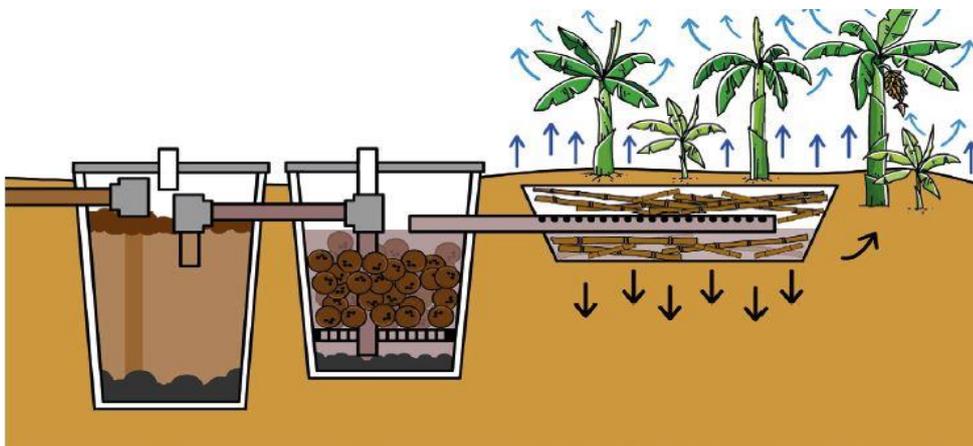
O tanque séptico é a segunda tecnologia mais utilizada no Brasil, atrás apenas das fossas absorventes (TONETTI *et al.*, 2018). Os tanques sépticos são projetados e construídos com a finalidade de receber e reter os despejos domésticos proveniente dos sanitários, banheiros, chuveiros, ralos de pisos, lavanderias, cozinhas etc. Após a retenção dos despejos ocorre a sedimentação dos materiais sólidos e a retenção dos resíduos graxos, e em seguida, os despejos se transformam em elementos mais simples e estáveis (ANDRADE NETO, 1999),

O tanque séptico é atraente como uma solução da disposição de esgotos devido a sua simplicidade construtiva e a facilidade de manutenção, tornando-se a tecnologia descentralizada mais comum no mundo (MASSOUD; TAHINI; NASR, 2009). Essa tecnologia tem como etapas de funcionamento: retenção do esgoto, decantação do esgoto, digestão anaeróbia do lodo e redução do volume do lodo (LUCCA, 2014) e, no Brasil, esse sistema é normatizado pela NBR 7229/1993 (ABNT,1993).

2.3.3 Sistema Tanque séptico - Filtro de coco - Vala de bambu

Sabendo que o tanque séptico é uma tecnologia bastante utilizada nas comunidades rurais, a UNICAMP desenvolveu um sistema ideal para tratar o esgoto de uma residência de cinco habitantes em que o esgoto está misturado, contém tanto águas de vaso sanitários e águas cinzas, que são produzidas no chuveiro, pias e tanques. O sistema segue como base as indicações das normas brasileiras NBR 7229 (ABNT, 1993) e NBR 13969 (ABNT, 1997). O sistema fica todo enterrado como ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Sistema Tanque séptico - Filtro de coco - Vala de bambu.



Fonte: Figueiredo, Tonetti e Magalhães (2018).

Como se pode observar, o sistema é composto por três partes: tanque séptico; Filtro de coco (filtro anaeróbio); Vala de Bambu (vala de infiltração). Estes são detalhados a seguir, conforme Figueiredo, Tonetti e Magalhães (2018).

O Tanque Séptico é a primeira etapa do sistema e consiste em uma grande caixa impermeabilizada que fica enterrada e tampada. No tanque se inicia o processo de tratamento do efluente, que é feito por bactérias e outros microrganismos. A função do tanque séptico é sedimentar parte dos resíduos, formando o lodo, e a outra parte flutua, formando a espuma. Esses resíduos para um bom funcionamento do sistema devem que ser removidos com frequência.

O filtro de coco é um filtro anaeróbio que ao invés de preenchidos com brita são preenchidos com coco verde cortado. Nessa etapa ocorre o processo de degradação do efluente através da fermentação anaeróbia, sem a presença de oxigênio. O fluxo do efluente é ascendente, ao passar pela camada de coco, ocorre como uma filtragem natural e essa é responsável pela purificação do esgoto. Se não houver cocos verdes disponíveis, pedaços de

bambu, telhas de barro antigas ou mesmo entulho limpo podem ser utilizados para substituí-los sem perda de eficiência do filtro.

A vala de bambu é o local onde o esgoto, que já passou por dois tratamentos, vai receber o tratamento final e ser disposto no solo. O solo é um tratamento excelente para o esgoto, pois ele atua como um filtro natural. Quando o esgoto é colocado no solo, as plantas também conseguem absorver os nutrientes e água presentes no esgoto, se beneficiando deles ao mesmo tempo em que ajudam a tratar ainda mais o esgoto.

2.3.4 Sistemas Alagados Construídos (SAC)

Uma tecnologia de tratamento de águas cinzas ou para esgoto previamente tratado são os Sistemas Alagados Construídos (SAC), conhecidos também como *wetlands* (zonas húmidas) ou zonas de raízes. São basicamente compostos por valas que tem paredes e fundo impermeabilizados. São valas pouco profundas, geralmente tem alturas menores que um metro. Nas valas, onde é disposto o esgoto, contém plantas aquáticas ou macrófitas, além das condições nas *wetlands* proporcionar a fixação de microrganismos que degradam a matéria orgânica. Além das plantas, geralmente os SACs possuem material particulado em seu interior podendo ser areia, brita ou seixo rolado, servindo de meio suporte para o crescimento das plantas e microrganismos (TONETTI *et al.*, 2018).

As zonas de raízes são sistemas que dificilmente são utilizados como processos de tratamento secundário, pois existe um grande potencial à exposição de agentes patogênicos a humanos. Entretanto, são frequentemente utilizados no tratamento avançado de efluentes provenientes de processos de tratamento secundários ou terciários, como sistemas de lodos ativados ou lagoas de tratamento, ou são utilizados como pós-tratamento (SOUSA, 2018).

Os sistemas alagados construídos têm uma peculiaridade, pois por serem os sistemas mais semelhantes às *wetlands* naturais, atraem uma grande variedade de fauna selvagem, como insetos, aves, peixes e muitos outros mais. Devido a este fato, são os sistemas que melhor suplementam a função de tratamento de águas com outros benefícios, tanto como uso recreativo para humanos como para as inúmeras populações de vida animal que vivem ou se alimentam nestes ecossistemas (SOUSA, 2018).

2.4 Bacia de Evapotranspiração

Utilizar sistemas plantados para tratar esgotos se tornou uma prática comum em diversas partes do mundo (LARSSON, 2003). Um desses sistemas é a Bacia de Evapotranspiração (BET) ou fossa verde. Esse sistema consiste na deposição do efluente em

uma bacia fechada impermeabilizada com concreto ou com o uso de lona plástica (LUCCA, 2015). A BET foi originalmente desenvolvida pelo permacultor norte-americano Tom Watson e foi adaptada em projetos implantados por permacultores brasileiros, principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país (FIGUEIREDO; SANTOS; TONETTI, 2018).

O sistema que foi proposto por Tom Watson e nomeado por Watson wick consistia basicamente uma trincheira escavada no solo com suas dimensões, largura e comprimento variável e 60 cm aproximadamente de profundidade – essa trincheira para qual era encaminhado todo o esgoto doméstico, ou seja, águas cinzas e negras (GALBIATTI, 2009). A entrada do esgoto era feita através de um tubo no fundo do tanque que ficava sobre uma camada de 5 cm de pedras porosas. O tanque também era preenchido com uma camada de 45 cm de pedras que são cobertas por uma camada de 15 cm de solo, onde são cultivadas as plantas (GALBIATTI, 2009). O Watson wick não tinha impermeabilização, o que facilitava a contaminação do solo, mas Tom Watson recobria as paredes e o fundo da trincheira com uma mistura de esterco, argila e palha; mistura que permite o desenvolvimento de um biofilme composto por bactérias no sistema e que funciona como filtro biológico (PAMPLONA ; VENTURI, 2014).

A fossa verde, o aperfeiçoamento do Watson wick, consiste em um tanque impermeabilizado preenchido com diferentes camadas de substratos e plantado com espécies vegetais que tenham crescimento rápido, alta demanda por água e taxa de evapotranspiração alta. É uma das características do tratamento de esgotos nas zonas rurais é a segregação do esgoto doméstico em duas frações distintas, que normalmente são tratadas separadamente: as águas cinzas e águas negras (águas de vaso sanitário) (TONETTI *et al.*, 2018). A separação dos esgotos é um fator importante para o seu tratamento mais simplificado e eficiente, dentro da perspectiva do saneamento ecológico (FONSECA, 2008).

Assim, o sistema recebe o efluente somente dos vasos sanitários, que dentro do tanque passam por processos naturais de degradação microbiana da matéria orgânica, mineralização de nutrientes, absorção e evapotranspiração pelas plantas (GALBIATTI, 2009). E a manutenção do sistema consiste na colheita de frutos, retirada do excesso de mudas, podas e retirada de partes secas de plantas (TONETTI *et al.*, 2018).

2.4.1 Digestão anaeróbia

Um dos processos que ocorrem na fossa de evapotranspiração é a digestão anaeróbia, que ocorre na porção inferior do tanque. Consiste em um processo através do qual diversos microrganismos trabalham em conjunto na conversão da matéria orgânica complexa em compostos mais simples, como metano, gás carbônico, água, gás sulfídrico e amônia

(GALBIATTI, 2009). Chernicharo (2007) relata que o processo de digestão ocorre em dois estágios.

De acordo com o autor, no primeiro estágio, os compostos orgânicos complexos como carboidratos, proteínas e lipídios são fermentados e biologicamente convertidos em materiais orgânicos mais simples, principalmente ácidos voláteis, por um grupo de bactérias facultativas e anaeróbias, denominadas acidogênicas ou fermentativas. No segundo estágio, ocorre a conversão dos ácidos orgânicos, gás carbônico e hidrogênio em produtos finais gasosos, como o metano e o gás carbônico. Esta conversão é efetuada por um grupo especial de bactérias, denominadas metanogênicas, as quais são estritamente anaeróbias, ou seja, o oxigênio é tóxico para esse grupo de bactérias e elas dependem do substrato fornecido pelas acidogênicas.

Os sistemas anaeróbios de tratamento de esgotos têm uma grande vantagem que é a baixa produção de lodo, além de apresentarem baixo requerimento nutricional e permitem aplicação de elevadas cargas orgânicas. Nos sistemas anaeróbios pode ocorrer a degradação de certos compostos tóxicos, tais como compostos halogenados e azóicos recalcitrantes à degradação aeróbia (VON SPERLING, 1996). Acrescentando nas vantagens, o lodo produzido permanece em atividade por longos períodos até mesmo sob ausência de alimentação e requerem baixo ou nenhum gasto de energia. (CHERNICHARO, 2007).

A câmara de recepção, logo na entrada do tanque, exerce funções comparadas às de um tanque séptico, que são decantação, flotação, desagregação e digestão dos sólidos sedimentados, lodo, e da crosta constituída pelo material flotante, a espuma (GALBIATTI, 2009). Quanto a produção de metano no segundo estágio da digestão, existe a possibilidade de parte do metano produzido na zona anaeróbia da fossa verde ser consumido ao passar pela camada de solo do tanque, devido à presença de bactérias metanotróficas, as quais promovem a oxidação do metano na presença de oxigênio (CICERONE; OREMLAND, 1988).

2.4.2 Processos Aeróbios

Na medida que o efluente percola as camadas da fossa em direção à superfície, onde existe uma maior presença de oxigênio, os processos passam de anaeróbios e facultativos para processos aeróbios de degradação da matéria orgânica. Os microrganismos que realizam os processos aeróbios são basicamente bactérias e protozoários, sendo que as bactérias têm a maior presença e importância nos sistemas de tratamento de esgotos.

A conversão aeróbia da matéria carbonácea consome oxigênio do meio, sendo os produtos da conversão gás carbônico, água e energia. Em ambiente aeróbio, os compostos

orgânicos nitrogenados passam pelo processo de nitrificação, no qual a amônia é convertida em nitrito e, em seguida, em nitrato. Após o processo de nitrificação o nitrogênio disponível no solo fica na forma de nitrato e então pode ser absorvido pelas raízes das plantas presentes na fossa (VON SPERLING, 1996).

2.4.3 Evapotranspiração

Em condições climáticas propícias, que envolve variáveis como radiação solar, vento e umidade do ar abaixo da saturação, o potencial da água na parte aérea da planta é menor do que nas raízes, o que provoca a translocação da água dentro da planta, em direção às folhas, passando dessas para a atmosfera, fenômeno chamado de evapotranspiração (FERRI, 1985).

Os principais processos físicos ocorrem na camada superior do leito da fossa e por consequência das suas condições, Para tanto a superfície da BET deve apresentar condições de insaturação em água. Nessa porção do tanque a água continua ascendendo até a superfície por capilaridade preenchendo seus poros menores (FERRI, 1985).

Nessa porção do tanque também ocorre o fenômeno de adsorção da água pelas partículas do solo que são carregadas eletricamente. Com a absorção da água do solo pelas raízes das plantas estabelece-se uma diferença de potencial entre as regiões próximas às raízes e as regiões mais distantes. Como a água procura espontaneamente estados mais baixos de energia, ela se move em direção às raízes, que são locais de estados mais baixos de energia (FERRI, 1985). Para uma redução na evaporação pela superfície do solo e um melhor aproveitamento da água pelas plantas, a colocação de cobertura morta pode permitir uma performance melhor da fossa verde (GALBIATTI, 2009).

2.4.4 Estado da Arte

Desde que chegou ao Brasil a fossa verde foi sendo adaptada e melhorada por vários permacultores e inserida em vários projetos (PIRES, 2012; GALBIATTI, 2009). Tais melhorias permitiram um melhor uso da técnica e se deu pela adequação do sistema às características do solo e do clima brasileiro. Segundo Venturi (2004), a escolha do local para instalação da fossa depende de alguns fatores que são: o tipo de solo, profundidade do lençol freático e a incidência solar direta.

Neste sentido, o dimensionamento mais utilizado para tratar apenas águas negras é de 1 m a 1,2 m de profundidade, com 10 m² de área (2 m x 5 m) para uma família de 5 pessoas, sendo 2 m² por pessoa, no mínimo, dependendo do clima da região (PAMPLONA; VENTURI,

2004). Em regiões semiáridas, como afirmam Figueiredo, Santos e Tonetti (2018), pode ser adotado 1,5 m² por pessoa.

Já Legan (2007) propõe a construção de dois tanques em paralelo, com 1 m de largura e 4 m de comprimento cada um, para uma família de 5 pessoas, podendo-se aumentar o comprimento dos tanques, de acordo com a quantidade de usuários. Os tanques operariam de forma alternada, de modo a evitar o extravasamento do efluente.

Dentre as plantas recomendadas para plantio nos tanques (MANDAI, 2006 *apud* GALBIATTI, 2009), citam as seguintes espécies: bananas (*Musa sp.*); inhames e taiobas (*Colacasia sp.*); mamoeiro (*Caricapapaya*); ornamentais como copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*); maria-sem-vergonha (*Impatiens walleriana*); lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*); caeté banana (*Heliconia spp.*) e junco (*Zizanopsis bonariensis*), além de hortaliças como couve e tomateiro, devendo se evitar plantas que tenham raízes consumidas cruas e hortaliças rasteiras. Essas plantas são recomendadas, devido sua adaptabilidade em ambientes úmidos (FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2013).

Segundo Grupo Hidrosed (2013) citado por Costa (2014), um projeto que pode ser citado por ter utilizado o sistema de fossa verde e pela proximidade com a Região dos Sertões de Crateús, a de interesse da presente pesquisa, é o que foi conduzido no Assentamento Rural 25 de Maio, cidade de Madalena, Ceará, formado por treze comunidades e 586 famílias. O grupo de pesquisa HIDROSED que tem sede no departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará construiu fossas verdes com uma geometria particular, mais retangular, a partir de um método participativo que viabiliza a disseminação dessa técnica alternativa ao mesmo tempo em que capacita a população à construção e manejo adequado do sistema (GRUPO HIDROSED, 2013 *apud* COSTA, 2014).

O modelo de fossas verdes construídas no assentamento consiste na construção de uma vala de alvenaria impermeabilizada com dimensões variáveis, apresentando uma estrutura interna em forma de câmara onde os furos dos tijolos ficam inclinados em um ângulo de aproximadamente 30° (GRUPO HIDROSED, 2013 *apud* COSTA, 2014). A área externa é preenchida por materiais porosos, como entulho, casca de coco e material terroso e em seguida são plantados os cultivos.

A evapotranspiração potencial na região do assentamento estudado pelo grupo de estudo HIDROSED é superior a 2000 mm anuais a evapotranspiração média diária é de 5,7 mm/dia, em uma região onde a pluviosidade média é de 692 mm anuais (COSTA, 2014).

Os cultivos produzidos nas fossas verdes submetidos à análise microbiológica apresentaram qualidade sanitária e com isso apto ao consumo humano. Com o intuito de

viabilizar a construção e buscando a economia de recursos públicos, a construção participativa das fossas, estimada inicialmente em R\$ 700,00 por módulo (GALBIATTI, 2009), teve um custo médio de R\$ 450,00, podendo contribuir, até o momento da realização do trabalho por Grupo Hidrosed (2013), com a construção de 64 módulos no assentamento rural 25 de Maio. O passo a passo das construções dos módulos pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3 - Passo a passo da construção dos módulos da fossa verde no Assentamento 25 de Maio.



Fonte: Grupo HIDROSED (2013).

Uma experiência inovadora alternando os materiais utilizados na construção da fossa verde é a utilização de garrafas PET's como parede do tanque. O projeto foi desenvolvido em maio de 2015, no IFCE campus Maracanaú. Foi construído um projeto experimental de uma mini-BET com dimensões de 0,85mx0,85m e altura de 0,60m, substituindo-se o tijolo cerâmico convencional por garrafas em PET infladas com um compressor de ar até que se tornem rígidas o suficiente, não permitindo deformação ao serem pressionadas. Foi utilizado três garrafas com volume de 2 litros para a formação de um tijolo de 0,70m (AMARAL *et al.*, 2015), conforme a apresentado na Figura 4.

Foram realizados testes de resistência e depois impermeabilizou-se a mini-BET com uma pasta feita de cimento e cola. A execução da mini-BET trouxe segurança para execução do sistema proposto, pois ficou comprovado que o total isolamento proporcionado pelo uso da garrafa em PET, não permitindo que os efluentes gerados venham a contaminar o lençol freático ou reservatórios subterrâneos (AMARAL *et al.*, 2015). O projeto teve como resultado a comprovação da viabilidade econômica, conforme dados da Tabela 1.

Figura 4 - Mini-BET (fossa verde) impermeabilizada com uma mistura de cimento e cola.



Fonte: Amaral *et al.* (2015).

Tabela 1 - Orçamento da mini-BET com paredes de garrafa PET.

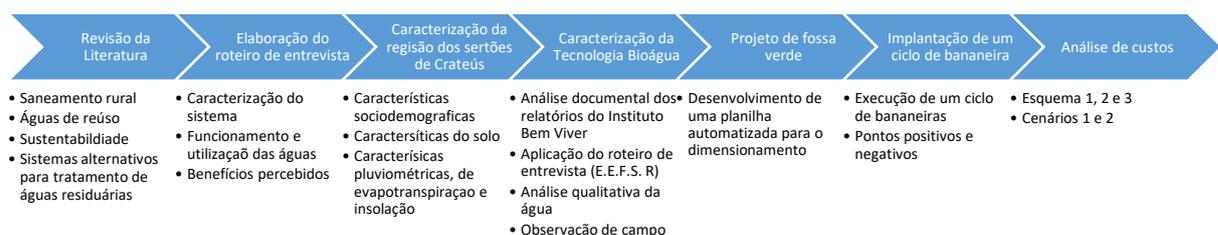
BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE PET				
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR	TOTAL
Areia Grossa	m ³	2,5	30	75
Cimento	saco (50kg)	1,05	21	22,05
Garrafa Pet 2L	Kg	30	0,6	18
Joelho 100mm	Und	1	16	16
Redução 100x50mm	Und	1	12	12
Tubo PVC 50mm	M	3	12,5	37,5
Tubo PVC 75mm	Vara	1	20	20
Cola p/ PVC	Und	1	4	4
Cola Branca	Kg	5	4	20
			Valor Total	224,55

Fonte: Amaral *et al.* (2015).

3 METODOLOGIA

A Figura 5 apresenta o delineamento da pesquisa realizada.

Figura 5 – Delineamento da pesquisa



Fonte: Autoria própria.

A seguir, cada um desses passos é detalhado.

3.1 Diagnóstico da área de estudo

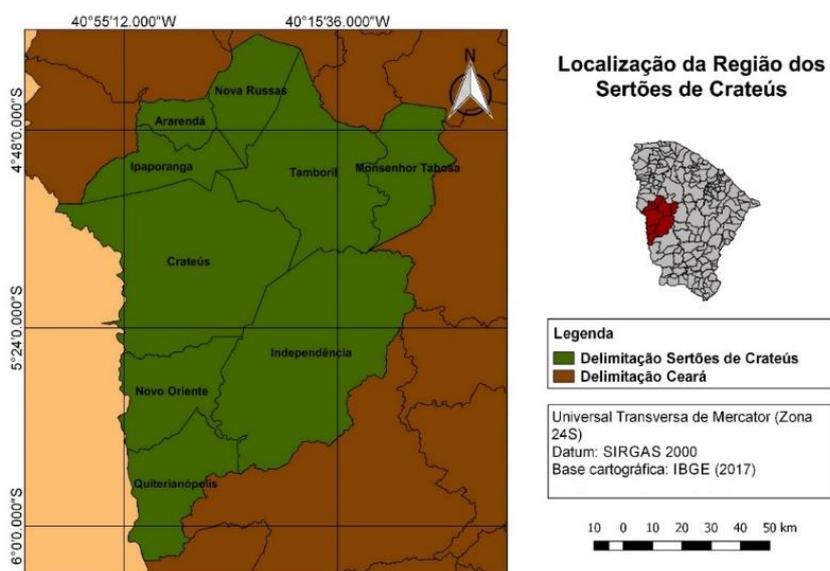
Os limites dos municípios pertencentes à Região dos Sertões de Crateús foram obtidos através do IBGE (2017), região beneficiada pelo projeto bioágua. Posteriormente, foi feita a identificação dos perfis dos municípios através dos parâmetros de renda *per capita*, população, escolaridade, empregabilidade, faixa etária e saneamento adequado.

Os dados foram obtidos através do portal das cidades do IBGE. Os dados referentes a renda *per capita* são do ano de 2015. Para representar a população foi selecionada a estimativa para o ano de 2018. As informações quanto as escolaridades são do último censo (IBGE, 2010), foi utilizada a taxa de escolarização de 6 a 14 anos para caracterizar esse parâmetro. A empregabilidade é fornecida através da porcentagem de população ocupada com dados do ano de 2016. A faixa etária foi considerada a faixa de idades em que a maioria da população se enquadra, dados de 2010. O saneamento adequado é representado pela taxa de atendimento de esgotamento sanitário também do ano de 2010.

Para a caracterização da precipitação, da evapotranspiração e da insolação, utilizou-se dados oriundos da estação de Crateús, pois não há as informações dos demais municípios da região dos sertões de Crateús disponíveis através das normais climatológicas de 1981 a 2010, informações obtidas através do INMET. Para a caracterização do solo foram utilizados dados do IPECE (2019).

A região onde o estudo foi feito é a dos Sertões de Crateús apresentada na Figura 6.

Figura 6 – Mapa dos Sertões de Crateús.



Fonte: Autoria própria.

O Sertão de Crateús é uma microrregião do estado do Ceará composta por nove municípios (IPECE, 2003): Crateús; Independência; Novo Oriente; Quiterianópolis; Iraporanga; Tamboril; Ararendá; Nova Russas e Monsenhor Tabosa. Nesta região é desenvolvido o projeto bioágua, com um enfoque somente rural.

O município de Crateús está a 350 km da Capital do estado do Ceará. O clima, de acordo com a classificação climática de Koppen é do tipo BSw'h', ou seja, é clima seco com chuvas de verão. Tem temperaturas máximas em outubro, temperatura média anual de 26° a 28°C. A precipitação é concentrada nos meses de janeiro a maio, com média anual de 731,2 mm (SILVA *et al.*, 2013).

O município de Independência tem clima tropical quente semiárido, com chuvas de verão, de janeiro a abril, as chuvas no verão são comuns a todos os municípios da microrregião dos Sertões de Crateús. Independência localiza-se a uma latitude 05°23'47" sul e a uma longitude 40°18'31" oeste (INMET,2019). Quiterianópolis fica localizado a uma latitude de 05°50'34" sul e uma longitude de 40°42'03" oeste ficando aproximadamente a 410 km da capital Fortaleza. Com clima tropical quente. Novo Oriente é outro município dos Sertões de Crateús e localiza-se a uma longitude 40°32'02" sul e uma longitude 40°46'26" oeste (IBGE,2019).

Os municípios que ficam ao norte de Crateús: Iraporanga, distancia-se 354km de Fortaleza, localiza-se a uma latitude 04°54'00" Sul e uma longitude de 40°45'32"; Nova Russas, localiza-se a uma latitude 04°42'00" Sul e uma longitude de 40°34'00"; Ararendá, localiza-se a uma latitude 04°45'10" Sul e uma longitude de 40°49'58". Quanto à localização dos municípios a oeste de Crateús, a uma latitude 04°49'56" sul e a uma longitude 40°19'14" oeste se situa Tamboril; Monsenhor Tabosa se localiza a uma latitude 04°47'20" sul e a uma longitude 40°03'46" oeste (IBGE, 2019).

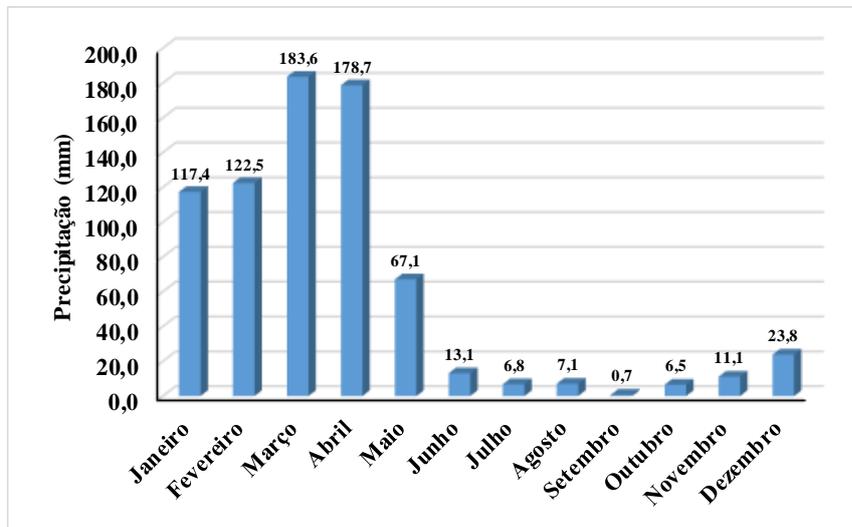
Para o desenvolvimento de um projeto da fossa verde e do círculo de bananeiras pleno deve-se observar a precipitação, da evapotranspiração, da insolação e do tipo de solo (COSTA, 2014), dados apresentados na Figura 7, na Figura 8 e na Figura 9.

A precipitação é baixa, chegando a uma média de 738,4 mm por ano (INMET, 2019), portanto, as águas pluviais não são um fator problema para o adequado funcionamento da fossa verde e do círculo de bananeiras. Porém, é importante considerar a possibilidade de grandes precipitações devido a construção das estruturas e no manejo (COSTA, 2014).

Enquanto a precipitação é baixa e ocorre predominantemente em quatro meses, observa-se que a evapotranspiração é constante e tem uma média anual de 192,8 mm, com média maior que a precipitação do mês de março, o mês mais chuvoso da região (INMET, 2019). Portanto,

a evapotranspiração é ideal para o projeto, pois esse é o fator principal (GALBIATTI, 2009).

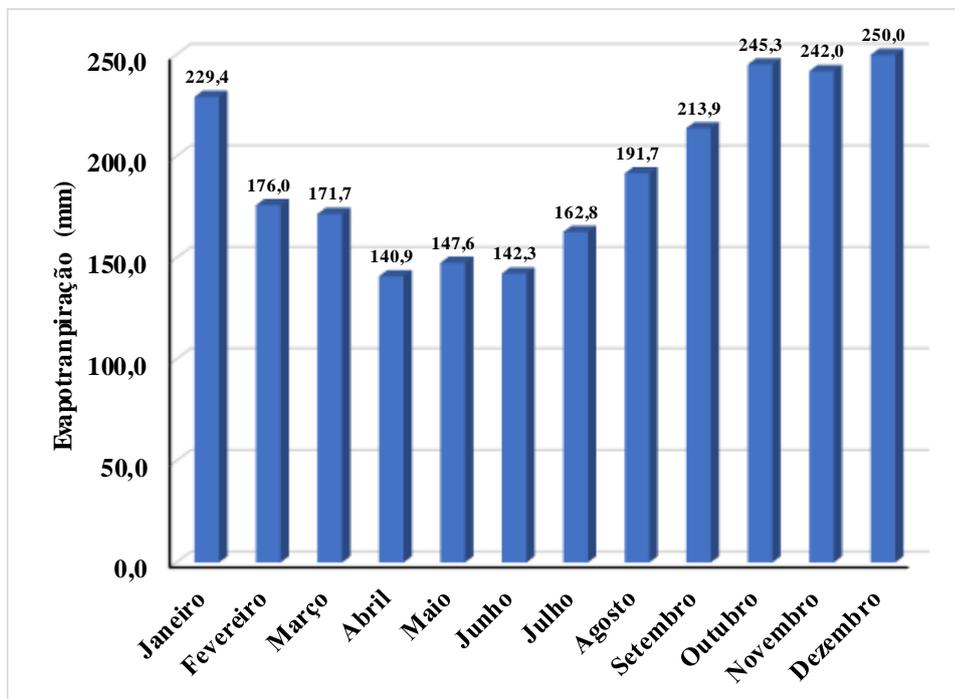
Figura 7 – Precipitação normal acumulada (mm) do Município de Crateús-CE.



Fonte: Autoria própria com dados do INMET (2019).

A Figura 8 apresenta os dados da evapotranspiração potencial mensal (mm) do município de Crateús-CE.

Figura 8- Evapotranspiração Potencial mensal (mm) do Município de Crateús-CE.

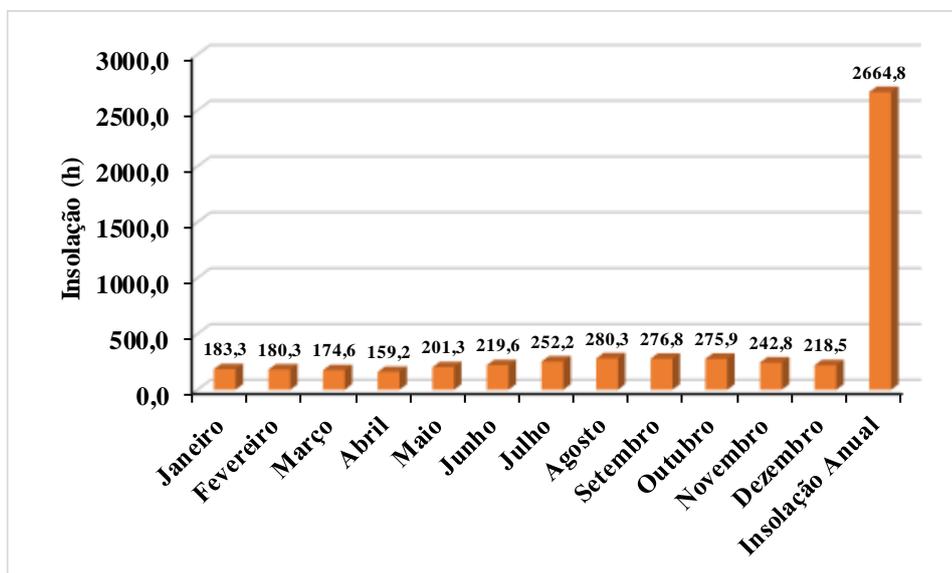


Fonte: Autoria própria com dados do INMET (2019).

Quanto a insolação cerca de 30 % das horas em um ano a região passa sob efeitos solares (INMET, 2019), o que pode ser explicado pela proximidade da linha do Equador, sendo um fator positivo para a implementação do projeto também (SILVA *et al.*, 2013) como se pode

observar na Figura 9.

Figura 9 - Insolação total (horas) no Município de Crateús-CE.



Fonte: Autoria própria com dados do INMET (2019).

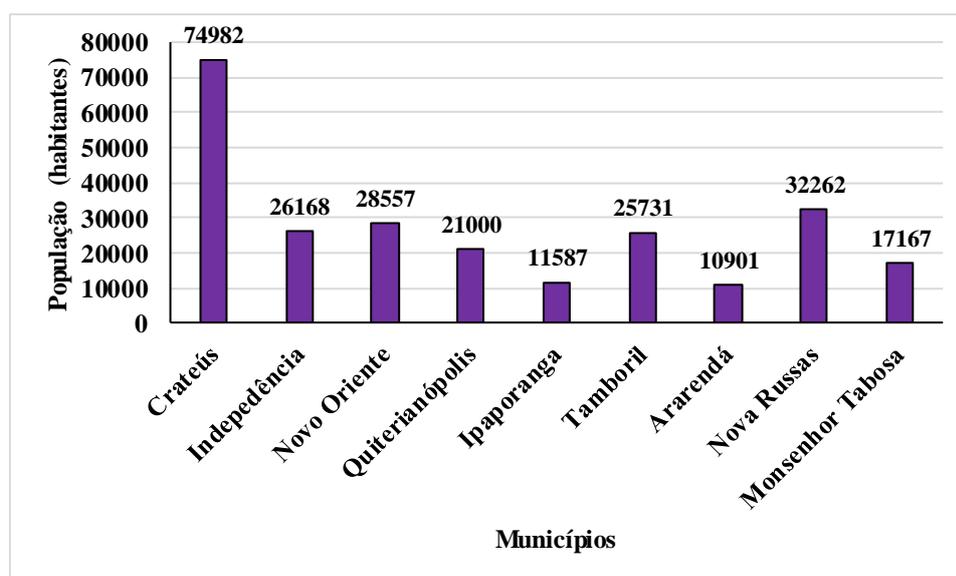
O tipo de solo é outro fator relevante para a implementação do projeto, pois o lençol freático deve estar a uma distância considerável segura do fundo do tanque de evapotranspiração (TONETTI *et al.*, 2018). Segundo o IPECE (2019) os solos presentes na região dos Sertões de Crateús são: Podzólico Vermelho – Amarelo Distrófico, Bruno Não Cálcico, Areias Quartzozas Distróficas e Planossolo Solódico.

Esses solos em maioria são hidromórficos, ou seja, sem água; porém são bastantes nutritivos. Em especial o Planossolo Solódico que tem a presença de horizonte endurecido ou cimentado e que é responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano. Essa condição responde pela restrição à percolação de água, independentemente da posição do lençol freático, ocasionando retenção temporária de água, o que seria um fator limitante para a construção do projeto sobre esse solo, porém, ele não tem grande representatividade no território da região, sendo o Podzólico Vermelho – Amarelo Distrófico e o Bruno Não Cálcico com maior predominância (EMBRAPA, 2019).

Para uma caracterização sociodemográfica da região dos Sertões de Crateús foi analisado a população, empregabilidade, renda per capita, escolaridade de 6 a 14 anos, faixa etária e esgotamento de efluente adequado.

A região estudada é uma microrregião do Estado do Ceará cuja média populacional é de 27.595 habitantes, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Quantitativo da população (2018) dos Sertões de Crateús.



Fonte: Autoria própria com dados do IBGE (2018).

Crateús o polo da região é o que apresenta um maior desvio-padrão da média, pois ele contabiliza uma população estimada para 2018 de 74.982 pessoas. Também, existem os municípios que estão muito abaixo da média que são Ipaporanga e Ararendá. A Região tem 248.355 habitantes no total (IBGE, 2018).

À exceção os municípios de Novo Oriente e Ararendá, os municípios têm uma população jovem, com faixa etária de maior parte entre 10 a 14 anos (IBGE, 2010), conforme apresentado na Tabela 2. É digno de nota que esses dados são importantes para a análise da empregabilidade, pois a população da região se encontra numa faixa etária que ainda não pode trabalhar.

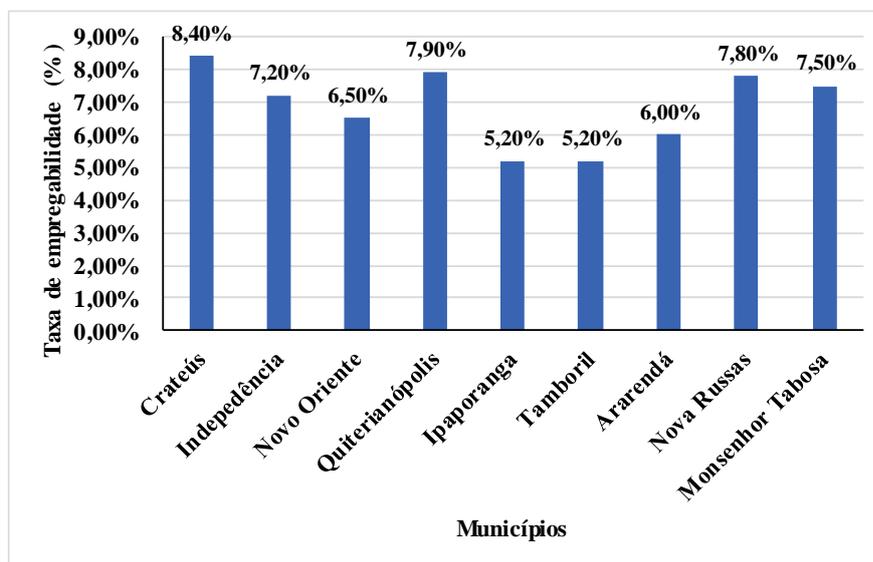
Tabela 2 - Faixa Etária (anos) no ano de 2010 nos Municípios dos Sertões de Crateús.

Municípios	Faixa etária (anos)
Crateús	10 a 14
Independência	10 a 14
Novo Oriente	15 a 19
Quiterianópolis	10 a 14
Ipaporanga	10 a 14
Tamboril	10 a 14
Ararendá	15 a 19
Nova Russas	10 a 14
Monsenhor Tabosa	10 a 14

Fonte: Autoria própria com dados do IBGE (2010).

A média da taxa de empregabilidade do Sertões de Crateús não chega a 10% da população empregada, na realidade tendo somente uma média de 6,8 % da população ocupada (IBGE, 2016), conforme a Figura 11.

Figura 11- Taxa de Empregabilidade (%) em 2016 dos Municípios dos Sertões de Crateús.

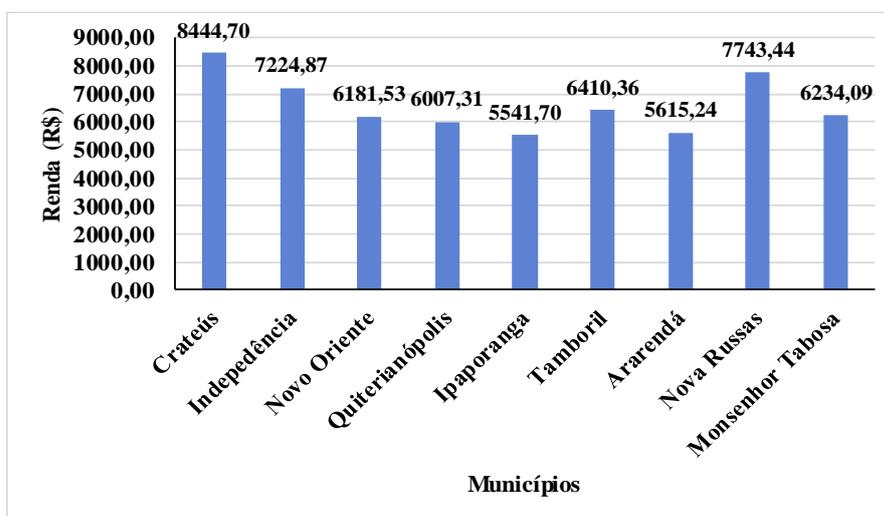


Fonte: Autoria própria com dados do IBGE (2016).

O que pode ser observado é que se a média elevada se repetir nas faixas etárias de 19 a 25 anos, população ativa, o desemprego é de pessoas que terminaram pelo menos o Ensino Médio (IBGE, 2010).

Apesar de uma taxa muito pequena de empregabilidade, a média da renda *per capita* da região é em torno de R\$ 6.723,50. Crateús, o polo da Região é o que tem a renda per capita maior, R\$ 8.444,70 (IBGE, 2015), conforme apresentado na Figura 12.

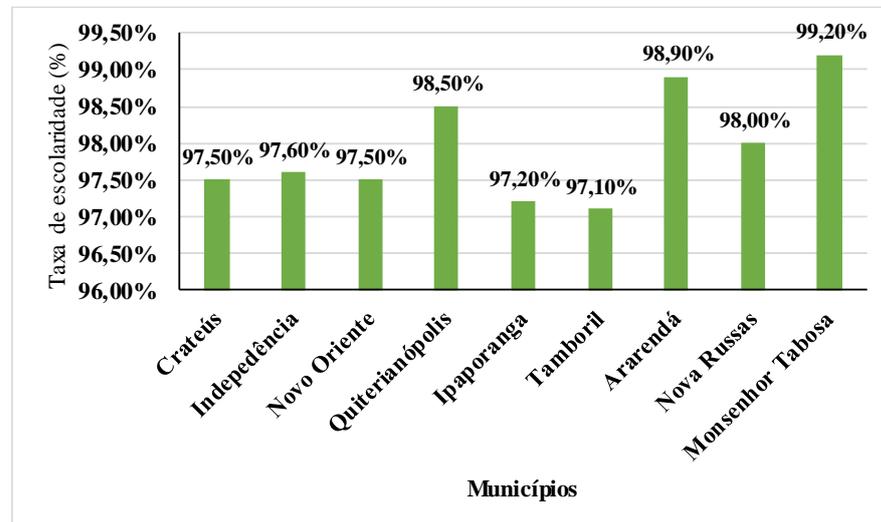
Figura 12- Renda per capita (R\$) em 2015 dos Municípios dos Sertões de Crateús.



Fonte: Autoria própria com dados do IBGE (2015).

A escolaridade da população da região na faixa de 06 a 14 anos, que inclui a maioria da população, é elevada, representando uma média para a região de 97,20% como se pode observar na Figura 13.

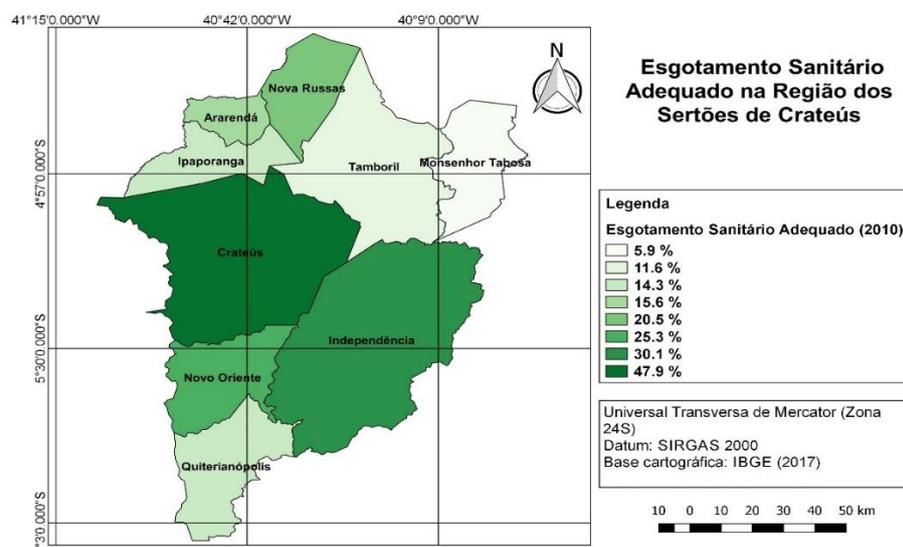
Figura 13- Taxa de Escolaridade (%) em 2010 dos Municípios dos Sertões de Crateús.



Fonte: Autoria própria com dados do IBGE (2010).

Todos os parâmetros são importantes para o presente trabalho, pois é necessário caracterizar a população que será ofertada o projeto, se o projeto é relevante para a região e se tem suporte financeiro de receber o benefício. A renda, por exemplo, serve para subsidiar a análise do orçamento, se o sistema será viável para essas famílias. Porém, um dos parâmetros que é o principal é a taxa de esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010), como apresentado na Figura 14.

Figura 14- Taxa de Esgotamento sanitário adequado dos Municípios dos Sertões de Crateús.



Fonte: IBGE (2010).

Percebe-se que o sistema de fossa verde e círculo de bananeiras, poderá ser uma solução viável para a região, pois somente Crateús chega a uma porcentagem próxima a 50%, alertando para o déficit do Sertões de Crateús em saneamento básico, em especial o esgotamento de efluentes que é foco do presente trabalho. O caso da cidade de Monsenhor Tabosa é alarmante. Apenas 5,9% de esgotamento é adequado, ainda mais, porque essa taxa leva em consideração que a fossa absorvente, sistema familiar mais utilizado no Brasil, é uma forma de tratamento e disposição final que resolve satisfatoriamente aspectos de saúde pública (WHO, 2015; FUNASA, 2015).

3.2 Tecnologia Bioágua

Para a compreensão da tecnologia Bioágua realizou-se um levantamento de documentos com o Instituto Bem Viver e Cáritas Diocesana de Crateús. Realizou-se, também, um estudo na Escola de Ensino Fundamental Santa Rita de Cássia, onde existe esta tecnologia implantada, conforme detalhado a seguir. Este conjunto de dados de diferentes fontes buscou a triangulação das múltiplas fontes de evidência (YIN, 2010), aumentando a validade do estudo realizado.

3.2.1 Análise documental

Os dados e informações sobre a tecnologia Bioágua Familiar foram fornecidos pelo Instituto Bem Viver e pela Cáritas Diocesana de Crateús. Os dados foram disponibilizados através de relatórios feitos no decorrer do desenvolvimento e implementação da tecnologia nos anos de 2015 a 2018 constituindo-se, portanto, em uma análise documental (CELLARD, 2010). Além disso, foi disponibilizado o Manual Bioágua Familiar, que descreve o sistema, as etapas de implementação, além de fornecer orçamento do projeto incluindo material de construção, *kit* sistema de irrigação e a mão de obra, sem encargos sociais.

A tecnologia Bioágua Familiar é um projeto pioneiro no território dos Sertões de Crateús, sendo introduzido nas comunidades rurais no segundo semestre de 2015 pelo Instituto Bem Viver (IBV). No início do projeto para fins de testes foram implementados sistemas bioágua nas comunidades rurais do município de Quiterianópolis. A construção dos sistemas contou com o apoio do Programa de Pequenos Ecosociais (PPP_ECOS), com a coordenação do Instituto Sociedade População e Natureza (ISPN). Os recursos utilizados foram do Fundo Global de Desenvolvimento (GEF) e pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) (IBV, 2018).

A experiência nas comunidades rurais de Quiterianópolis permitiu que fosse feito o convênio do Instituto Bem Viver com a Fundação Banco do Brasil no segundo semestre de 2016. A partir desse convênio foi possível implementar mais sistemas em outros municípios dos Sertões de Crateús como em Independência, Ipaporanga e Monsenhor Tabosa (IDEM).

Ainda segundo o IBV (2018), com quase dois anos de projeto nos Sertões de Crateús foi possível assinar dois contratos com IBV para a implementação e continuação da tecnologia. Foi a partir dos recursos da organização italiana com ações no Brasil, *We World*, que a Escola Família Agrícola Dom Fragoso, contratou a implementação de um bioágua com capacidade de reúso diário de mil litros.

3.2.2 Funcionamento do Bioágua Familiar

O Bioágua Familiar consiste num processo de filtragem que ocorre por meio de mecanismos físicos e biológicos dos resíduos que se encontram nas águas cinzas, esses resíduos funcionam como uma barreira. A matéria orgânica presente nas águas cinzas são biodegradadas através das minhocas (*Eisenia foetida*) e por uma população de microrganismos, bactérias e fungos (SANTIAGO *et al.*, 2012). Com a presença das minhocas no sistema ocorre o processo de digestão e absorção da matéria orgânica retida na água, com esses processos realizados pelas minhocas ocorre a retirada dos principais poluentes da água cinza (POBLETE, 2010).

Depois da água cinza passar pelo processo físico de filtragem e o processo biológico de digestão da matéria orgânica o efluente filtrado é armazenado em uma caixa d'água para ser reutilizada por intermédio de um sistema fechado de irrigação, com destino à produção de hortaliças, frutas e plantas medicinais e culturas forrageiras (IBV, 2018). A tecnologia de reúso de água servida a partir do Bioágua Familiar é composta por (IBV, 2018): caixa de gordura; convergência hidráulica; minhocário; filtro; tanque de reúso; e sistema de irrigação.

A Caixa de gordura é uma importante estrutura, pois as águas cinzas são águas que tem origem nas pias e águas de banho necessitando, portanto, da retenção do excesso de gorduras e outros componentes grosseiros presentes na água, a exemplo, restos de comida. Então a caixa de gordura é a fase inicial do processo de tratamento da água.

Tendo o objetivo de verificar se existe o excesso de gordura e resto de comida para sua posterior remoção, é indicado que essa estrutura seja monitorada uma vez por semana, para evitar a obstrução e entupimento da caixa de gordura e da tubulação. O que for removido da caixa de gordura, como gorduras e resto de comida, devem ter disposição no minhocário, para que essas possam ser alimentadas e posteriormente transformar essas matérias em adubo orgânico.

A convergência hidráulica é toda a estrutura hidráulica que conduz as águas cinzas até o sistema de filtragem, com diâmetro de 50 milímetros, são as tubulações específicas para esgoto, adaptadores e conexões. O minhocário, por sua vez, é uma estrutura extremamente importante para o funcionamento do sistema, pois é responsável para digestão e absorção da matéria orgânica presente na água.

A estrutura é semelhante aos tanques do filtro e reúso, mas com o propósito exclusivo de criação de minhocas e produção de húmus. Para a criação e produção das minhocas é sempre importante e necessário verificar o esterco usado, sempre tem que ser utilizado esterco curtido devido a temperatura que pode atingir, pois as minhocas não suportam temperatura de 70 graus. O processo de curtimento do esterco dura entre 35 a 40 dias.

Outro fator importante a ser analisado para uma rápida reprodução de minhocas e produção de húmus. É necessário manter sempre o esterco bem molhado, para alcançar as condições ideais para se obter os resultados com eficácia.

O filtro é uma estrutura com fluxo descendente, contém duas camadas de material orgânico, húmus e serragem de madeira, e três camadas de matéria inorgânica, areia fina, brita e seixo rolado. Na camada de húmus, as minhocas também habitam nessa camada. O húmus deve ser retirado de seis em seis meses, sua posterior utilidade vai ser como adubo de plantas nos quintais e repostado com húmus novo do minhocário. Para evitar que no momento da retirada do húmus do tanque seja removida também as minhocas, é utilizada uma peneira para reter sobre a malha as minhocas.

Outros cuidados que devem levar em consideração para o manejo do filtro é a cobertura dele, evitando assim a incidência direta de sol sobre as minhocas, que habitam a primeira camada do sistema de cima para baixo. Além disso, onde houver a presença de predadores das minhocas é recomendado colocar uma tela preta por cima das linhas de distribuição do chuveiro.

Para atender o prazo de manejo, o outro componente orgânico do filtro, serragem de madeira, deve ser trocado a cada 12 meses, a areia fina também deve ser renovada nesse mesmo período. O processo de remoção e reposição deve ocorrer para garantir a máxima eficiência de filtragem do sistema.

O tanque de reúso tem objetivo é somente armazenar a água já filtrada, por isso não requer cuidados especiais. Já o sistema de irrigação contém conjunto motor bomba, tubulações de PVC para linha principal e de derivação e mangueira do tipo fita gotejadora para linhas laterais ou de emissores, conexões, adaptadores, filtro de disco e registros. O componente que precisa de cuidado especial é o filtro de disco, pois sua função é a de reter sujeiras finas que

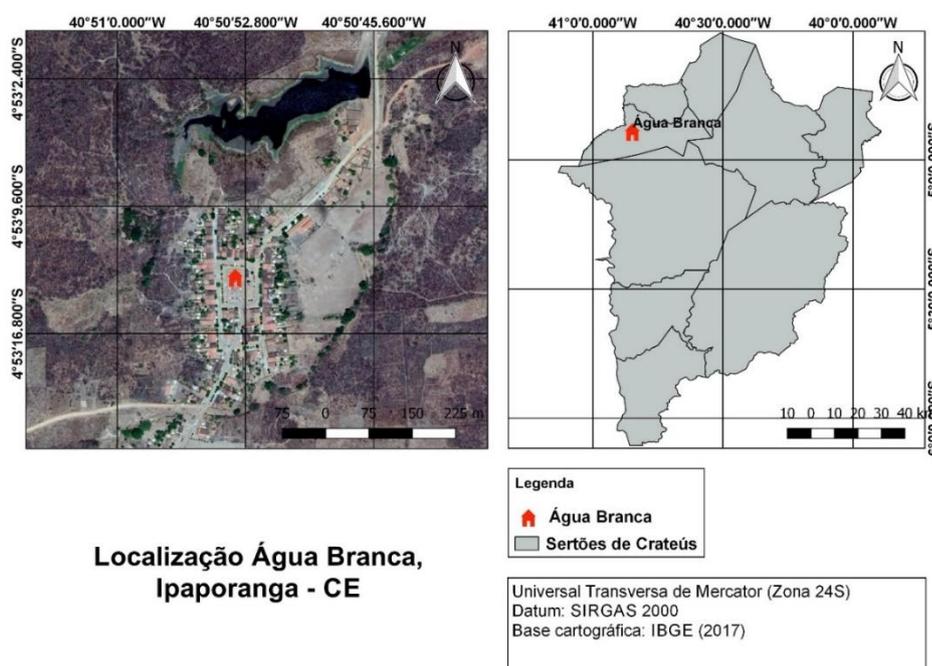
ainda estejam presentes na água. Por isso esse componente deve ser lavado ao menos duas vezes por mês para garantir seu perfeito funcionamento e evitar o entupimento das fitas gotejadoras.

O dimensionamento do sistema Bioágua Familiar seguiu o manual de implementação e manejo do sistema desenvolvido pelo Instituto Bem Viver (2018), que descreve o funcionamento de cada estrutura, orçamento e como foi implementado o Bioágua Familiar nas comunidades pelas famílias.

3.2.3 Bioágua na E.E.F Santa Rita de Cássia

A Escola de Ensino Fundamental Santa Rita de Cássia do distrito Água Branca de Ipaporanga–CE, Figura 15, é beneficiada pelo projeto contexto da Cáritas Diocesana de Crateús e pelo projeto Bioágua Familiar. A escola fica no distrito de Água Branca a 10 km da sede de Ipaporanga e tem atualmente 94 alunos devidamente matriculados, na faixa etária de 02 a 11 anos. Esta escola foi a unidade selecionada para a avaliação do sistema bioágua implantado.

Figura 15- Localização do distrito Água Branca, Ipaporanga –CE.



Fonte: Autoria própria.

A E.E.F Santa Rita de Cássia, conforme verificado *in loco*, possui uma unidade produtiva de moringa (*Moringa oleífera*), limão (*Citrus limon*), macaxeira (*Manihot esculenta*), batata doce (*Ipomoea batatas*), goiaba (*Psidium guajava*), banana (*Musa sp.*), coco (*Cocos nucifera*), cebolinha (*Allium schoenoprasum*), milho (*Zea mays*), mamão (*Carica papaya*), capim santo (*Cymbopogon citratus*), coentro (*Coriandrum sativum*) e acerola (*Malpighia*

emarginata). Hoje a escola tem um sistema bioágua que filtra as águas das pias, sistema adquirido com parceria com o Instituto Bem Viver, *We World* e Cáritas Diocesana de Crateús. O sistema Bioágua Familiar e a unidade produtiva são utilizados como ferramenta de aprendizagem e de conscientização quanto ao reúso da água e quanto à convivência e produção de alimentos por vias sustentáveis na zona rural.

3.2.3.1 Entrevista

Inicialmente desenvolveu-se um roteiro de entrevista em profundidade (RICHARDSON, 2011) sobre a tecnologia Bioágua. O roteiro continha 8 perguntas abertas sobre o antes e o depois da tecnologia implantada, seus benefícios, entre outros, além da caracterização da escola e está disponível no Apêndice A. A entrevista foi realizada com a diretora da Escola de Ensino Fundamental Santa Rita de Cássia momento no dia 21 de março de 2019.

3.2.3.2 Análise qualitativa da água

No mesmo dia da entrevista, realizaram-se análises qualitativas da água *in loco* de acordo com métodos colorimétricos do *Labcon* Teste (Silveira, 2019) (Apêndice B). Foram feitas análises da água cinza antes de passar pelo sistema e depois de tratada pelo bioágua. Os parâmetros de qualidade da água analisados foram: temperatura (°C); pH; oxigênio dissolvido (ppm); nitrogênio amoniacal (ppm) e ferro (ppm). As análises dos parâmetros foram feitas entre 9:30 horas e 10:30 horas do dia 21 de março de 2019 (Apêndice B), horário que tem incidência do sol o que poderia modificar os valores das análises, principalmente para o parâmetro de oxigênio dissolvido. Todas as análises foram realizadas protegidas da luz solar. Estes procedimentos são detalhados a seguir.

A medição da temperatura é feita através de um termômetro digital. Colocou-se o termômetro dentro da amostra de água e esperou-se um minuto para a leitura, que foi feita em graus Celsius (°C). A medição do pH nas amostras d'águas foi feita através de um pHmetro digital. Após a medição de cada amostra foi lavado com água destilada.

O oxigênio dissolvido foi medido através do uso de três soluções reagentes: solução reagente 1 – sulfato manganoso e água destilada; solução reagente 2 – hidróxido de sódio, lodeto de potássio e água destilada; solução reagente 3 – ácido sulfúrico e água destilada. Fez-se a medição da seguinte maneira: com a proveta fez-se a coleta d'água, adicionaram-se duas gotas da solução reagente 1, tampou-se a proveta e a mistura foi realizada com simples inversão,

esse passo é feito após todos o gotejamento das soluções; adicionaram-se duas gotas da solução reagente 2, realizou-se o mesmo passo da inversão; adicionaram-se duas gotas da solução reagente 3 e, ao passar 5 minutos, realiza-se a leitura comparando com a escala de cores da bula.

Para realizar a medição do nitrogênio amoniacal, fez-se os seguintes passos: na amostra d'água coletada com uma proveta adicionaram-se oito gotas da solução reagente 1, composto por fenol, nitroprussiato de sódio, álcool isopropilítico e água destilada; tampou-se a proveta e agitou-se a amostra por simples inversão; depois adicionaram-se quatro gotas da solução reagente 2, composto por hidróxido de sódio, hipoclorito de sódio e água destilada; novamente tampou-se e agitou-se a amostra por simples inversão; após esses passos esperou-se três minutos e comparou-se a cor desenvolvida no teste com a escala de cores apresentada na bula.

Para medir a concentração de ferro total utilizaram-se três soluções reagentes. Solução reagente 1 com permanganato de potássio e água destilada. Foi adicionada gota a gota dessa solução até que a cor se tornasse levemente rósea, depois tampou-se o tubo e agitou-se a amostra por simples inversão. A solução reagente 2 continha tiocianato de potássio e água destilada. Foram adicionadas seis gotas dessa solução e agitou-se o tubo por simples inversão. A solução reagente 3 continha ácido nítrico e água destilada. Foram adicionadas seis gotas dessa solução, agitou-se por simples inversão. Após cinco minutos comparou-se a cor desenvolvida com a escala de cores apresentada na bula.

De acordo com Silveira (2019) é importante que as leituras sejam feitas sob a luz do sol e que os cuidados com o manejo dos reagentes, como não deixar que as substâncias entre em contato com a pele, pois contém substâncias nocivas à saúde. Assim, tomou-se o devido cuidado de sempre fechar bem os frascos das soluções.

3.3 Projeto Fossa Verde – Círculo de Bananeiras

3.3.1 Dimensionamento Fossa Verde – Círculo de Bananeiras

O dimensionamento do projeto foi baseado por Galbiatti (2009) e Figueiredo, Santos e Tonetti (2018) que adotam que cada componente da família precisa de 2 m² na fossa verde a partir da Equação 1:

$$A = 2.C \tag{1}$$

Em que:

A é a área superficial do tanque de evapotranspiração, em m²;

C é a quantidade de membros da família;

Porém em lugares de clima mais seco é recomendado que se utilize 1,5 m² por pessoa. A profundidade da bacia deve ser de cerca de 1,00 a 1,50m. E em relação à localização, o sistema deve ficar em uma área plana que receba bastante sol e ventilação. O sistema também deve ficar distante de árvores e outras construções, mínimo de 1,5m, e no mínimo há 15,0m dos poços (FIGUEIREDO; SANTOS; TONETTI, 2018).

Quanto ao dimensionamento do Círculo de Bananeiras, Tonetti (2018) recomenda que o buraco deve ter uma profundidade de aproximadamente 0,5 a 1,0 m e um diâmetro interno de 1,4 a 2,0 m, suficiente para atender uma casa com três a cinco moradores.

3.3.2 Aspectos técnicos e construtivos

3.3.2.1 Bacia de Evapotranspiração

Segundo Figueiredo, Santos e Tonetti (2018) na Bacia de Evapotranspiração (BET) ocorre a digestão anaeróbia, ou seja, sem oxigênio no efluente. Quem realiza a digestão em sua maior parte são as bactérias que sobrevivem e se multiplicam no esgoto, pois elas se alimentam do esgoto e o transformam em elementos mais simples. As bactérias se alojam nas camadas de entulho, brita e areia e tratam o esgoto à medida que ele sobe pelo sistema, pois o fluxo é ascendente.

Outro elemento fundamental no sistema são as plantas, pois elas se beneficiam com água que vem com a descarga, que é 99% do esgoto; dos nutrientes provenientes das fezes e urinas humanas, ricas em nitrogênio e fósforo. O resultado final do processo no sistema são as águas negras tratadas, nutrientes para as plantas e alimento para a família, além de água pura que evapora do solo e das folhas (FIGUEIREDO; SANTOS; TONETTI, 2018).

De acordo com Vieira (2010) o funcionamento da fossa verde fundamenta-se na fermentação, segurança, percolação, evapotranspiração e manejo, conforme detalhado a seguir. Na primeira etapa a água negra é decomposta pelo processo de fermentação da digestão anaeróbia realizada pelas bactérias na câmara de recepção de pneus e nos espaços criados entre as pedras e tijolos colocados ao lado da câmara.

Em seguida, os patógenos são enclausurados no sistema, porque não há como garantir sua eliminação completa. Isto é realizado graças ao fato de a bacia ser fechada, sem

saídas – a isto designa-se como segurança. A bacia necessita ter espaços livres para o volume total de água e resíduos humanos recebidos durante um dia. A bacia deve ser construída com uma técnica que evite as infiltrações e vazamentos.

Como a água está presa na bacia ela percola de baixo para cima e com isso, depois de separada dos resíduos humanos, vai passando pelas camadas de brita, areia e solo, chegando até as raízes das plantas, 99% limpas que realizam a evapotranspiração. Este é o principal princípio da BET, pois graças a ele é possível o tratamento final da água, que só sai do sistema em forma de vapor, sem nenhum contaminante. A evapotranspiração é realizada pelas plantas, principalmente as de folhas largas como as bananeiras, mamoeiros, taioba, etc. que também consomem os nutrientes em seu processo de crescimento, permitindo que a bacia nunca encha.

Com relação ao manejo primeiro é obrigatório que 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. Se necessário, também deve ser complementada com as aparas de podas de gramas e outras plantas do jardim para que a chuva não entre na bacia. Segundo, opcionalmente, de tempos em tempos deve-se observar o duto de inspeção e coletar amostras de água para exames.

Para a correta construção da Fossa Verde, deve-se respeitar a ordem das seguintes etapas: escavação, instalação da tubulação hidráulica do vaso sanitário até o tanque, nivelamento de fundo da vala, impermeabilização do fundo da vala, construção da câmara receptora, preenchimento do tanque com as camadas filtrantes, instalação de tubo de inspeção e o plantio do cultivo. Estes são detalhados a seguir.

Primeiramente deve-se cavar um buraco, manualmente ou com auxílio de máquinas, com as dimensões recomendadas no projeto, com profundidades que variam normalmente de 1 a 1,5 m (TONETTI *et al.*, 2018). Deve-se observar o tipo de solo no local, pois pode ser necessário realizar contenção da escavação em solo arenosos e terrenos argilosos muito moles, por exemplo.

Após a escavação, realiza-se a instalação da tubulação hidráulica do vaso sanitário até o tanque, normalmente de 100 mm em PVC, obedecendo a declividade mínima de 1%, segundo a norma NBR 8160 (ABNT, 1999). O fundo do sistema pode ser nivelado adequadamente para que não haja acumulação de resíduos em alguma das partes, distribuindo uniformemente o efluente dentro do tanque.

A impermeabilização do fundo pode ser realizada com a técnica de ferrocimento com argamassa com traço de 4 partes de areia por 1 parte de cimento, ou com manta asfáltica. Pode ainda receber concreto de 5 a 10 cm de espessura aplicado sobre uma tela de laje. Já para

as paredes os métodos podem ser a técnica do ferrocimento, com alvenaria ou manta asfáltica. A técnica de ferrocimento consiste no lançamento de argamassa com traço de 4 partes de areia por 1 parte de cimento, aplicada com 2,5 cm, seguida da colocação de tela metálica com subsequente aplicação de outra camada de argamassa (COSTA, 2014). O segundo método é com blocos ou tijolos assentados com argamassa de cimento e areia, traço 1:4;

O quinto passo é a construção da câmara receptora que tem alturas de 50 a 60 cm, podendo ser de blocos cerâmicos assentados com argamassa de 1:4 de cimento e areia e com uma declividade de 30°. Pode ser também de pneus dispostos longitudinalmente no fundo do tanque, separados um dos outros numa distância de 1 cm.

Após a preparação da câmara de recepção, deve-se fazer o preenchimento do tanque com as camadas filtrantes. O complemento do tratamento realizado na câmara de pneu é realizado através de camadas de material poroso (50 a 60 cm): entulho limpo, coco ou bambu cortado transversalmente; camada de brita (20 a 30 cm): brita (10 a 20 cm); camada de areia: areia média e camada de solo (20 a 30 cm): solo fértil (FIGUEIREDO; SANTOS & TONETTI, 2018).

Juntamente ao preenchimento do tanque é recomendada a instalação de tubo de inspeção com o intuito de proceder com manutenção da qualidade do efluente dentro do tanque (COSTA, 2014). Recomenda-se também que a camada superficial tenha um formato curvo, mais alta no centro, de forma que a água da chuva possa escoar superficialmente para fora do tanque (FIGUEIREDO; SANTOS; TONETTI, 2018).

O plantio do cultivo é o último passo. A escolha da espécie deve seguir algumas recomendações (PIRES, 2012): plantas que tenham alta taxa de evapotranspiração, crescimento rápido, tolerância a ambientes alagados, adaptação a região e aceitação pela família. Deve ser usada uma muda da cultura escolhida para cada 1,0 m² do sistema (FIGUEIREDO; SANTOS; TONETTI, 2018).

3.3.2.2 *Círculo de Bananeiras*

O círculo de bananeiras é usado para tratar as águas cinzas. Ele também beneficia a produção de bananas em escala humana (SABEI; BASSETTI, 2013). O círculo de bananeiras é uma alternativa de tratamento e de disposição final. Portanto, recomenda-se, que o local seja afastado do lençol freático e de nascentes. Deve-se também evitar seu uso em locais com solo arenoso. Para esse último caso, pode-se adicionar uma camada de argila nas paredes e no fundo do buraco, dificultando a infiltração da água (TONETTI *et al.*, 2018).

O trabalho começa com a escavação de um buraco no solo. Toda a terra retirada do buraco será reutilizada na sua borda, criando um morrinho. Se o terreno for inclinado, ao invés de um círculo, escava-se um buraco em formato de meia-lua (TONETTI *et al.*, 2018). O buraco deve ser preenchido com pequenos troncos de madeira grossos no fundo, em seguida galhos médios e finos de árvores e por último a palha (capim seco, folhas de bananeira, poda de árvores) para criar um ambiente adequado para o recebimento da água cinza e para beneficiar a micro vida (SABEI & BASSETTI, 2013; TONETTI, 2018).

A madeira deve ser colocada de forma desarrumada, para que se crie espaços para a água. A palha em cima serve para impedir a entrada da luz e da água da chuva, que escorrerá para os lados não inundando o buraco e não se contaminando com a água cinza (SABEI & BASSETTI, 2013). O esgoto deve ser conduzido por um cano e desaguar em um Joelho que deve ficar escondido no monte de palha seca, evitando assim que a água cinza fique em contato com a superfície. No monte em volta do buraco devem ser plantadas bananeiras, mamoeiro, taioba e outras plantas que gostem de umidade (FIGUEIREDO; SANTOS; TONETTI, 2018).

A água e os nutrientes do esgoto serão consumidos pelas bananeiras, enquanto que os restos orgânicos (restos de alimentos, sabão etc.) serão degradados pelos micro-organismos presentes no solo da vala (TONETTI *et al.*, 2018). A presença de gorduras no efluente não necessita de uma caixa de gordura, apesar da gordura diminuir a vida útil do círculo de bananeiras (SABEI; BASSETTI, 2013). Ainda para os autores, em caso de problema o fluxo pode ser desviado para um segundo círculo de bananeiras enquanto o primeiro se recupera.

Quanto ao manejo é de grande importância sempre colocar aparas de poda (grama, capim, galhos) no centro para alimentar o círculo e evitar que o buraco seja inundado com a água da chuva. Após colher o cacho de bananas, deve-se cortar a bananeira bem na base e em pedaços de 1 metro e colocar no centro do círculo. Em geral, a cada três anos todo o material depositado no buraco pode ser retirado (quando os troncos se dissolverem), e ser usado como adubo orgânico na horta realizando-se a reposição com novo material como no início da implantação do círculo (SABEI; BASSETTI, 2013).

Foi implementado um círculo de bananeiras no distrito Água Branca, Iraporanga – CE, na casa de uma moradora que cedeu o espaço no quintal para a implantação da tecnologia (Latitude 4° 53' 8,792" S e Longitude 40° 50' 47,837" O). Na casa residem quatro pessoas. Desta forma, o círculo de bananeiras foi instalado com as dimensões menores do que as recomendadas pela literatura, uma vez que esta tratará somente a água de uma pia.

3.3.3 Análise de custos do projeto

Para o orçamento do projeto de fossa verde foram considerados três esquemas, modificando o material poroso, a cultura e o tipo de impermeabilização. Considerou-se, também, dois cenários diferentes: construção participativa; e mão de obra contratada. Já para o círculo de bananeira foi considerado somente um esquema, conforme a literatura, com materiais de preenchimento sendo madeira, palha e a cultura, a bananeira. Os esquemas adotados seguem na Tabela 3.

Tabela 3 - Esquemas propostos para o orçamento.

Materiais	Esquema 1	Esquema 2	Esquema 3
Cultura:	Mamoeiro	Bananeira	Bananeira
Areia:	Areia média	Areia média	Areia média
Brita:	Brita	Brita	Brita
Material Poroso:	Coco/bambu	Entulho limpo	Entulho limpo
Câmara de recepção:	Pneus	Pneus	Tijolos
Impermeabilização:	Ferrocimento	Lona asfáltica	Alvenaria
Solo Fértil:	Solo adubado	Solo adubado	Solo adubado

Fonte: Autoria própria.

Para o cálculo dos custos utilizou-se a Tabela 026 da Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará (SEINFRA-CE) e cotações realizadas no mercado nacional com a Abritta Plantas (2019). No cenário de construção participativa, considerou-se que a família ajudaria na construção nos serviços de raspagem e limpeza do terreno, locação da obra, escavação manual, apiloamento do piso, reaterro e os preenchimentos das camadas e a plantação das mudas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Tecnologia Bioágua Familiar

A tecnologia Bioágua Familiar teve influência sobre as políticas públicas dos municípios, tornando-se referência na região e tem servido de instrumento pedagógico estratégico na discussão sobre a temática convivência com o semiárido e minimizando consideravelmente a problemática decorrente de poluição ambiental em função do descarte inadequado das águas cinza no solo para as escolas de ensino público municipal, especialmente nos municípios de Quiterianópolis, Ipaporanga, Tamboril e Nova Russas dentro da proposta de educação contextualizada, projeto desenvolvido pela Cáritas Diocesana de Crateús, que nesses municípios, com exceção ainda de Quiterianópolis, é assegurada como política pública com

base em lei municipal.

O projeto tomou uma enorme dimensão tendo conseguido ir para além das fronteiras do território dos Sertões de Crateús, tornando-se uma alternativa para o reaproveitamento das águas cinzas também no Estado do Piauí, no que se refere ao debate sobre reuso de água cinza para produção de alimentos, esse resultado demonstra acima de tudo uma mudança de comportamento e percepção sobre a vida e a convivência com o semiárido, que neste momento agrega sobre essa perspectiva a fundamental prática do reuso de água. A temática esteve no centro do debate em diversos momentos, encontros, feiras, fóruns e seminários realizados na região e fora desta por parceiros. Uma outra dimensão que merece destaque é a forma como a tecnologia e o conjunto de práticas em seu entorno tem se tornado um laboratório e uma ferramenta didática importantíssima para fortalecer a proposta de educação contextualizada para a convivência com o semiárido, que tem se tornado uma realidade cada vez mais presente e concreta no estado do Ceará.

A experiência com este projeto permitiu que fosse possível melhorar ainda mais a forma de como se implementa a tecnologia, buscando barateá-la sem comprometer sua eficiência, sendo essas melhorias, fruto de observações de técnicos, pedreiros, parceiros e beneficiários. Destaca-se a proximidade com que foram construídos filtros e minhocário, 0,5 metros de distância, a utilização de placas de pré-moldados e a construção da caixa de gordura de alvenaria.

O projeto também abriu uma enorme perspectiva de expansão da tecnologia para mais municípios da região e outras regiões, onde diversas organizações já buscaram incluir em seus planos de trabalho, ações e atividades que possam garantir ou viabilizar mesmo que de forma modesta a implementação da tecnologia junto as comunidades. Destacam-se neste processo a Cáritas Diocesana de Crateús com a implementação de oito sistemas em escolas rurais de Ipaporanga, Tamboril, Nova Russas e Quiterianópolis, a Associação Caatinga com a implementação de cinco sistemas em comunidades rurais de Crateús que circundam a reserva Serra das Almas.

Destaca-se ainda o Centro de Pesquisa e Assessoria – ESPLAR, com uma perspectiva de implementação de trinta sistemas no âmbito do projeto Educação para a Libertação, que trabalha com cento e oitenta mulheres camponesas dos municípios de Nova Russas, Tamboril e Monsenhor Tabosa e tem como centralidade o protagonismo e autonomia das mulheres frente ao machismo enraizado na sociedade como todo e ainda mais forte no campo.

Com intuito de melhorar o sistema Bioágua Familiar, quatros sistemas adicionais

serão implementados em comunidades rurais de Crateús e Novo Oriente e juntos com eles inaugura-se uma ampliação das perspectivas de convivência com o semiárido, uma vez que o acionamento do sistema de irrigação, será realizado via produção e uso de energia solar.

No que se refere a implementação dos trinta e cinco sistemas, tem-se atualmente uma capacidade instalada de reúso de água cinza em funcionamento, de 17.500 litros por dia e uma capacidade anual de 6.387.500 litros, o que equivale a 399 cisternas de placa de 16.000 litros completamente cheias. Uma área total equipada com sistema de irrigação localizada por gotejamento de 10.500 m² ou 1,05 hectares e uma grande diversidade de culturas alimentícias (17 ao todo), contribuindo de forma significativa e estratégica numa alimentação saudável da família e na geração de renda. Com a comercialização do excedente ou com a diminuição da compra por estarem produzindo, alcança-se uma renda média de R\$ 1.966,90 por família.

As quantidades plantadas, colhidas e vendidas são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Quantitativo da produção nos quintais familiares com a tecnologia de reúso Bioágua.

Culturas	Quantidade Plantada (Kg)	Quantidade Colhida (Kg)	Quantidade Vendida (Kg)	Valor Arrecadado (R\$)
Tomate	250	35	20	R\$ 36,00
Pimentão	100	10	5	R\$ 7,00
Macaxeira	400	140	100	R\$ 200,00
Mamão	70	200	120	R\$ 264,00
Acerola	52	310	-	-
Banana	65	-	-	-
Goiaba	52	130	50	R\$ 136,00
Graviola	52	25	20	R\$ 140,00
Maracujá	30	8	-	-
Ata	10	-	-	-
Abacaxi	10	7	-	-
Coqueiro	25	-	-	-
Citros	26	30	-	-
Pimentinha	39	8	5	R\$ 21,40
Coentro	20 *	580 **	500 **	R\$ 500,00
Cebolinha	10 *	180 **	100 **	R\$ 100,00
Cana	55 *	110 ***	90 ***	R\$ 562,50

* m²

** molhos

*** litros de caldo

Fonte: Autoria própria com dados de IBV (2018).

O custo líquido do sistema, ou seja, o quanto uma família teria que investir para implementar um sistema Bioágua por conta própria é de R\$ 3.027,65 por família (orçamento

apresentado no Anexo A). É apresentado somente o custo líquido do sistema, uma vez que, o custo da tecnologia dentro de um projeto é maior, pois além dos custos previstos com materiais e mão de obras, são previstos no orçamento encargos sociais, encargos bancários, custos administrativos dentre outras despesas.

Nesse orçamento também não está previsto custos referente a mão de obra para escavação dos buracos, tomando como premissa, que é uma atividade assumida pelas famílias e essas não contabilizam seu trabalho em valores financeiros. É importante ressaltar que a quantidade de conexões hidráulicas é relativa dependendo da quantidade de saídas de água da casa e da distância até o Bioágua.

Portanto, comparando-se com o sistema bioágua desenvolvido no Rio Grande do Norte com um custo de implantação de R\$ 8000,00 por família (SANTIAGO; JALFIM, 2017) e o Bioágua Familiar desenvolvido pelo Instituto Bem Viver, tem-se uma economia de R\$ 4972,35 por família, indicando sua viabilidade para as famílias dos Sertões de Crateús.

Os resultados alcançados superam os resultados esperados, especialmente pela dimensão que o projeto tomou e por isso tendo permitido diversas ações que ampliam a presença da tecnologia de reúso de águas cinza na região semiárida.

4.1.1 Funcionamento do Bioágua Familiar

A Tabela 5 apresenta as dimensões do sistema de Bioágua Familiar analisado composto por caixa de gordura, minhocário, filtro e tanque de reúso

Tabela 5 – Dimensionamento dos componentes do Bioágua.

Estrutura	x (m)	y (m)	z (m)	Diâmetro (m)	Área (m²)	Volume (m³)
Área Coberta	5,10	2,10	1,50 - 1,30		10,71	
Cobertura Motor bomba	0,85	1,00	1,00 - 0,80		0,85	
Tanque Filtro			1,10	1,50	1,77	1,77
Tanque Reuso			2,00	1,50	1,77	1,77
Caixa de Gordura	0,70	0,60	0,60		0,42	0,252
Minhocário			0,50	1,50	1,77	1,77

Fonte: IBV (2018).

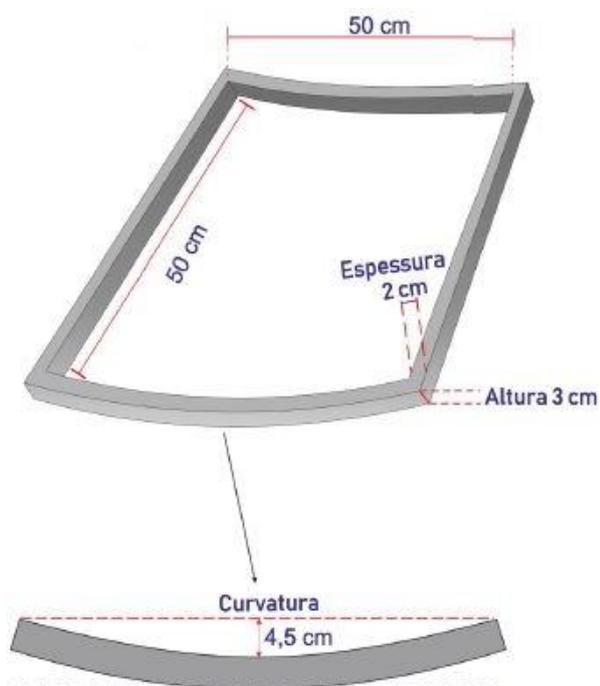
A área coberta se refere a cobertura do tanque do filtro e do minhocário, pois as minhocas precisam estar protegidas de qualquer predador, principalmente os pássaros. O minhocário e o tanque do filtro são construídos o mais próximo possível para facilitar o manejo de reposição de húmus e para possibilitar a construção de uma única cobertura para os dois componentes em questão. A cobertura do minhocário e do tanque do filtro apresenta 2,10 metros

de largura por 5,10 metros de comprimento. O telhado é construído somente com uma queda d'água, tendo, no caso, uma queda d'água de 0,20 metros, pois quando enterradas as colunas de barrote ficam em um lado com 1,5 metros de altura e do lado da queda d'água com 1,3 metros de altura (IBV, 2018).

A cobertura do conjunto motor bomba da irrigação é construída próximo ao tanque de reúso. Apresenta 1 metro de largura e 0,85 metros de comprimento. Como a cobertura do filtro e do minhocário tem uma diferença na queda d'água de 0,20 metros, portanto, quando enterradas, as colunas de barrote as mais altas ficam com 1 metro e as mais baixas com 0,80 metros de altura (IDEM).

O Instituto Bem Viver com a finalidade de tornar a tecnologia mais viável optou por construir os tanques do filtro, reúso e minhocário usando placas de pré-moldados, semelhantes às usadas na construção de cisternas de placas. A fôrma de construir as placas apresenta as seguintes dimensões: 0,50 metros de comprimento; 0,50 metros de largura; uma profundidade da curvatura no meio de 0,045 metros, construída com barra de ferro de 0,02 metros de espessura e 0,03 metros de altura (IDEM), conforme apresentado na Figura 16.

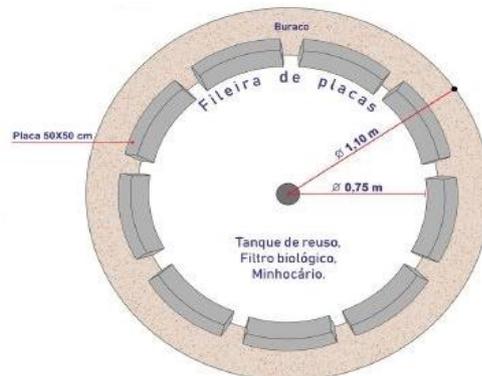
Figura 16- Dimensões das placas de pré-moldados adotadas para o sistema bioágua.



Fonte: IBV (2018).

Para a construção dos tanques, as placas são dispostas conforme a Figura 17.

Figura 17- Disposição das placas de pré-moldados adotadas para o sistema bioágua.

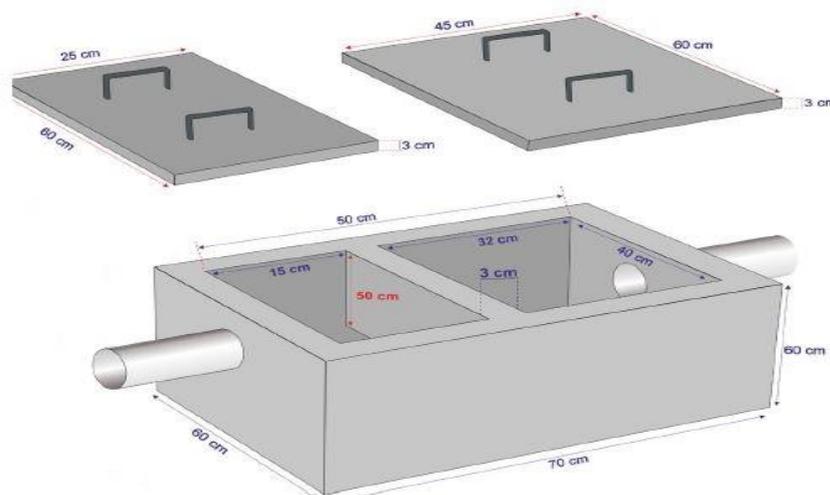


Fonte: IBV (2018).

O tanque de reuso e o tanque do filtro tem o mesmo diâmetro, 1,5 metros, diferenciando-se somente quanto as profundidades, com 1,10 metros o tanque do filtro e 2 metros para o de reuso. Portanto, são utilizadas 18 placas no tanque do filtro e na construção do tanque de reuso, o número de placas é o dobro, 36 placas. O tanque de reuso possui uma tampa com 1,60 metros de diâmetro, 0,05 metros de espessura e uma tampa menor de 0,40X0,40 metros, para facilitar a entrada de pessoas para eventuais limpezas (IDEM).

A caixa de gordura é outra estrutura que teve mudanças que deixaram a sua construção mais barata, pois na concepção do sistema no Rio Grande do Norte, essa era de PVC e comercial. Porém, diante de uma avaliação percebeu-se que a caixa de gordura de alvenaria apresentaria custo menor, estimado em R\$ 100,00 e com uma eficiência superior à de PVC (IBV, 2018). As dimensões da caixa de gordura são as seguintes: 0,70 metros de comprimento, 0,60 metros de largura e 0,60 metros de altura. Conforme a Figura 18.

Figura 18- Dimensões da caixa de gordura adotadas para o sistema bioágua.

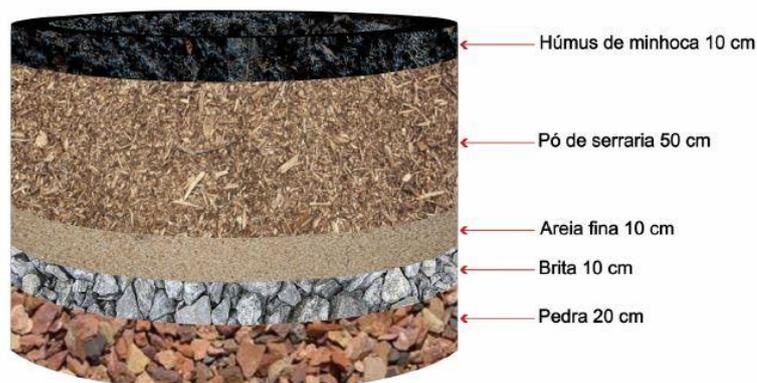


Fonte: IBV (2018).

O minhocário tem dimensões de 1,5 metros de diâmetro e 0,5 metro de altura. Por ter dimensões menores que a dos outros tanques, é necessário somente o uso de 9 placas para a sua construção (IDEM).

A montagem do filtro com as dimensões do tanque é apresentada na Figura 19.

Figura 19- Dimensões das camadas adotadas para o sistema bioágua.



Fonte: IBV, 2018.

4.1.2 Bioágua na E.E.F Santa Rita de Cássia

Antes de ser beneficiária da tecnologia bioágua familiar, a escola E.E.F Santa Rita de Cássia usava o solo como disposição final das águas cinzas, sem nenhum tipo de reutilização ou tratamento, contaminando, portanto, o solo. Após a implantação do bioágua, melhorias como a reutilização da água, menos custos com água de abastecimento, produção de alimentos e a conscientização das crianças em relação a cuidados com o meio ambiente, foram alcançadas, conforme a Diretora.

Apesar da tecnologia bioágua ser padronizada, a que se aplicou na escola não recebeu o minhocário, o que se torna uma dificuldade para a manutenção, em razão de que, quando chove alaga o filtro e as minhocas morrem e a escola precisa comprar mais minhocas quando isso acontece.

A água das pias é reutilizada para produção de limão (*Citrus limon*), macaxeira (*Manihot esculenta*), goiaba (*Psidium guajava*), banana (*Musa sp.*), coco (*Cocos nucifera*), milho (*Zea mays*), mamão (*Carica papaya*) e acerola (*Malpighia emarginata*). Para os demais alimentos produzidos é utilizado a água que abastece a escola. A cebolinha (*Allium schoenoprasum*) e o coentro (*Coriandrum sativum*) não são irrigados com água filtrada pois, a escola prefere não utilizar a água de reúso para irrigar hortaliças que são servidas cruas.

Além de fornecer alimentos para as crianças, o sistema implementado é utilizado com a finalidade de instrumento de educação ambiental. As crianças se envolvem com o quintal

produtivo e criam a percepção da importância e necessidade de economizar e reutilizar a água, principalmente na zona rural.

Com a experiência bem-sucedida com o sistema bioágua e a reutilização das águas cinzas, a escola está disposta a receber um sistema que faça o tratamento das águas negras que são destinadas atualmente a fossa séptica. Isto pode ser incrementado por meio de uma fossa verde. Está disposta também a implantar um sistema alternativo para as águas cinzas, como o círculo de bananeiras.

4.1.2.1 Análise qualitativa da água

Os resultados das análises são apresentados na Tabela 6 e podem conter pequenos erros, pois depende da leitura do observador.

Tabela 6 - Resultado das análises nas amostras de água antes da passagem pelo filtro e depois.

Amostras	Antes do filtro	Depois do filtro	Referência	
			Valor	Fonte
pH	6,1	7,0	6,0 a 9,0	ANA <i>et al.</i> (2005)
Temperatura (°C)	28,5	28,9	20 a 30	ANA <i>et al.</i> (2005)
OD (ppm)	11,0	3,0		
Nitrogênio amoniacal (ppm)	1,0	6,5	5 a 30	ANA <i>et al.</i> (2005)
Ferro (ppm)	1,0	5,0	A partir de 0,5	Faquin (2005)

Fonte: Autoria própria.

De acordo com a ANA *et al.* (2005) alguns usos exigem condições mínimas para o uso da água não-potável, em relação a água para reúso em irrigação devem ser atendidas as seguintes condições: não deve apresentar mau-cheiro; não deve conter componentes que agredam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas; não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana. E ANA *et al.* (2005) traz também classes de reúsos, a classe 3 é a de águas utilizadas na irrigação, que tem como parâmetros básicos, pH e nitrogênio total.

Analisando o resultado do pH na amostra após a passagem pelo filtro que é a de interesse do presente trabalho e comparando com a faixa indicada como ideal por ANA *et al.* (2005), entre 6,0 e 9,0, o pH da água amostrada está adequada para o uso que está sendo destinada. E considerando que o nitrogênio amoniacal representa uma parte do nitrogênio total, pois, nitrogênio orgânico mais o nitrogênio amoniacal é chamado nitrogênio total, que é o elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas (FELSEMBURGH, 2006)

Esse parâmetro também está adequado com o uso destinado, pois a ANA *et al.* (2005) recomenda de 5 a 30 ppm para o nitrogênio total, podemos confirmar a afirmativa pois o nitrogênio amoniacal teve uma concentração de 6,5 ppm. Infere-se que o aumento observado, do nitrogênio amoniacal, pode ser em decorrência da decomposição no momento da filtração do nitrogênio orgânico presente no efluente (VON SPERLING, 1996).

Quanto ao parâmetro da temperatura a faixa ideal é de 20 a 30 °C, pois uma temperatura muito baixa inibe o crescimento da planta e causa retenção foliar. Por outro lado, uma temperatura muito alta também traz consequências para as plantas, reduzem a taxa de crescimento, causam floração precoce com plantas baixas, promovem danos mecânicos e diminuem a qualidade das sementes (AGEITEC, 2019). Portanto, a temperatura da água de reúso também está adequada.

Oxigênio dissolvido (OD) é a concentração de oxigênio (O₂) contido na água e a determinação da concentração de OD é de importância fundamental na avaliação da qualidade das águas, uma vez que o oxigênio, está envolvido praticamente em todos os processos químicos e biológicos (EMBRAPA, 2019). Porém, o valor de 3 ppm na amostra analisada pode ser explicada porque a água fica armazenada dentro de um tanque totalmente protegido da luz solar, e pode indicar também uma grande quantidade de DBO, que pode ser confirmada somente através de análise da DBO. Entretanto, a baixa disponibilidade de oxigênio não afeta no crescimento das plantas, pois o OD também é obtido como resultado de atividades fotossintéticas de algas e plantas (EMBRAPA, 2019).

O ferro é um micronutriente essencial para as plantas, envolvido em vários processos fundamentais como fotossíntese, respiração, fixação de nitrogênio e síntese de DNA e de hormônios (FAQUIN, 2005). Ainda de acordo com o autor, para um bom desenvolvimento das plantas exige-se uma quantidade de a partir de 0,5 ppm de ferro. Apesar dos valores observados para alguns parâmetros aumentarem, nitrogênio amoniacal e ferro, e outro diminuir, OD, indicando uma possível deterioração do efluente, os parâmetros analisados estão em conformidade com o recomendado para águas de reúso para irrigação.

Porém não se pode afirmar que a água analisada é totalmente adequada ao uso que lhe é destinado, visto que a ANA *et al.* (2005) além de indicar o pH e o nitrogênio total como parâmetros básicos para a Classe 3 de reúso, aponta também salinidade; toxicidade por cloro, cloretos (ppm) e cloro residual (ppm); boro (ppm); DBO (ppm); sólidos suspensos totais (ppm); turbidez (UT); cor aparente (UH) e coliformes fecais (mL). Tais parâmetros não foram analisados neste trabalho.

4.2 Projeto Fossa Verde – Círculo de Bananeiras

4.2.1 Dimensionamento

As dimensões do sistema é representado na Tabela 7.

Tabela 7 - Dimensões do sistema fossa verde-círculo de bananeiras projetado.

Dimensões	x (m)	y (m)	z (m)	Diâmetro (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
Círculo de Bananeiras			1,00	2,00	3,14	4,19
Fossa Verde	3,75	2,00	1,00		7,50	7,50

Fonte: Autoria própria.

A fossa verde teve as dimensões reduzidas por consequência da implantação ser em região seca. A menor dimensão da fossa de evapotranspiração traz como resultado uma economia maior de materiais, sendo capaz de desenvolver a mesma eficiência.

A escolha da proporção de A/2:2 revela uma economia maior da área utilizada, pois com essa proporção são necessários 33,75 m², considerando uma distância mínima de 1,5 m de cada parede da fossa até algum tipo de construção para evitar o sombreamento no sistema. Caso fosse utilizada a proporção de A:1, seria necessária uma área maior disponível para o projeto, de 42 m².

A análise dessas alternativas será possível através de uma interface desenvolvida neste trabalho que possibilita que a própria família escolha quais as dimensões e proporções mais adequadas ao tamanho da área disponível e que está disponível no Apêndice C. O dimensionamento do círculo de bananeiras é o mesmo da literatura, pois o volume que ele tem é adequado para a região.

4.2.2 Aspectos técnicos e construtivos

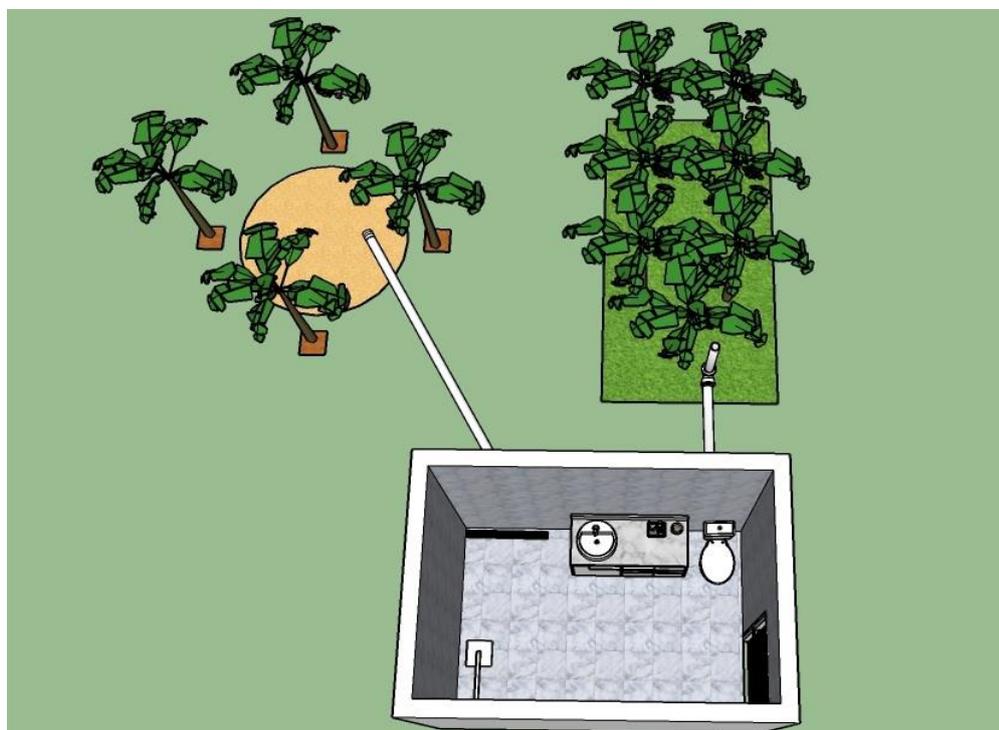
O sistema de fossa verde e círculo de bananeiras tem então a finalidade de tratar e dispor tanto as águas cinzas como as águas negras. Um sistema simples e que produziria bananas, ou a cultura utilizada, em escala humana, as bananas que nascerem no sistema podem ser consumidas, mas não pode consumir as raízes das plantas que nascerem na BET (PIRES, 2012).

Porém, é importante para a implantação desse sistema que seja em uma residência familiar em que o esgoto gerado na casa seja separado pelo menos em duas partes (TONETTI *et al.*, 2018), conforme o exemplo das águas de um banheiro apresentado na Figura 20.

Verifica-se que a água da bacia sanitária é negra e vai direto para a fossa verde. Já

as águas da pia e chuveiro são águas cinzas e vão para o círculo de bananeiras.

Figura 20- Esquema do sistema fossa verde – círculo de bananeiras.



Fonte: Autoria própria.

4.2.2.1 Bacia de Evapotranspiração

A planta do sistema da bacia de evapotranspiração está no Apêndice D. Ressalta-se que o projeto se torna bem generalista em sua essência e objetivo, podendo ser posto em prática em diversas regiões desde que haja um prévio estudo.

Para o presente trabalho foi considerado as seguintes camadas de baixo para cima:

- a) Camada A: Entulho limpo (0,50 m)
- b) Camada B: Brita (0,30 m)
- c) Camada C: Areia média (0,20 m)
- d) Camada D: Solo adubado (0,20 m)

Apesar de a região é propícia para a implantação do sistema, como ela é seca com poucas chuvas, é dispensável o uso de extravasador, ficando a critério da família colocá-lo ou não. Quanto ao tipo de impermeabilização, fica a critério da família a tecnologia que sairá mais viável, assim como a cultura a ser cultivada. Para a implantação desse sistema pode ser mais apropriado implementá-lo a partir de maio, último mês com precipitações significantes para as águas pluviais não serem um problema para o sistema.

4.2.2.2 *Círculo de Bananeiras*

A Figura 21 apresenta o passo a passo para a construção do círculo de bananeiras executada na residência no distrito Água Branca, Ipaporanga – CE. Destaca-se que foram usadas dimensões de 1 metro de diâmetro e 0,5 metro de altura. As covas para o plantio da banana foram feitas de 0,30 metro de largura, 0,30 comprimento e 0,30 metro de altura (FIGUEIREDO; SANTOS & TONETTI, 2018).

Figura 21- Passo a passo da construção do círculo de bananeiras.



Legenda: A. Escavação do buraco; B. C. e D. Preenchimento do buraco com troncos médios de madeira, palha de coco e coco; E. Escavação das covas de banana; F. Plantação das bananeiras; G. Cobrimento do buraco com palha de banana; H. Círculo concluído.

Fonte: Autoria própria.

Após a construção, a família recebeu orientações para o manejo. Indicou-se que sempre se deixasse o círculo protegido da água das chuvas, renovando sempre a camada de palha seca e adubar com esterco as mudas de bananeiras.

4.2.3 *Análise de custos do projeto*

A análise dos três esquemas de construção da BET envolve algumas discussões essenciais. A primeira é a participação da população local na construção, essa é uma importante forma de aprendizagem, disseminação e comunicação entre os técnicos e a população rural. As

discussões sociológicas rurais são importantes, pois há conflitos culturais que devem ser abordados para uma correta implantação e aceitação da tecnologia.

Outro ponto é a viabilidade. O projeto se torna viável a partir de diversos parâmetros, sendo o econômico o mais discutido quando o projeto é submetido à aceitação de determinada classe de renda. Parcerias para o financiamento do projeto ajudam a contribuir para a viabilidade do projeto. Outra discussão, e não menos importante, é acerca da utilização de materiais de construção alternativos, com possibilidade de redução de custos e melhor aproveitamento dos recursos encontrados no local.

Portanto foi orçamentado o projeto da BET para os três esquemas considerando que a família beneficiada iria contratar todo o serviço de obra, ou seja, não haveria participação da família na construção da BET, conforme apresentado na Tabela 8 (ver Apêndice E com memorial de cálculo e composições de custos). Para fins comparativos foi considerado também um cenário a família fazendo uma construção participativa e, neste caso, a mesma estrutura orçamentária foi utilizada zerando-se os custos de mão de obra.

Tabela 8 - Orçamento com serviço contratado para os três esquemas escolhidos.

Item	Fonte	Código	Descrição	Unidade	Custo Unitário	Qtde	Custo Total
1 *	SEINFRA-CE	C2102	RASPAGEM E LIMPEZA DO TERRENO	M ²	R\$ 1,09	33,75	R\$ 36,74
2 *	SEINFRA-CE	C3528	MUTIRÃO MISTO - LOCAÇÃO DA OBRA - EXECUÇÃO DE GABARITO	M ²	R\$ 2,11	16,7	R\$ 35,17
3 *	SEINFRA-CE	C2784	ESCAVAÇÃO MANUAL SOLO DE 1A.CAT. PROF. ATÉ 1.50m	M ³	R\$ 11,54	14,66	R\$ 169,15
4 *	SEINFRA-CE	C0095	APILOAMENTO DE PISO OU FUNDO DE VALAS C/MAÇO DE 30 A 60 KG	M ²	R\$ 7,40	12,74	R\$ 94,30
5 *	SEINFRA-CE	C1549	JOELHO PVC BRANCO P/ESGOTO D=100mm (4")	UM	R\$ 15,73	1	R\$ 15,73
6 *	SEINFRA-CE	C2343	TÊ PVC BRANCO C/INSPEÇÃO P/ESGOTO D=100mm (4")	UM	R\$ 46,72	1	R\$ 46,72
7 *	SEINFRA-CE	C2593	TUBO PVC BRANCO P/ESGOTO D=100MM (4")	M	R\$ 16,99	10	R\$ 169,89
8 *	SEINFRA-CE	C2921	REATERRO C/COMPACTAÇÃO MANUAL S/CONTROLE, MATERIAL DA VALA	M ³	R\$ 7,40	1,92	R\$ 14,21
9 *	SEINFRA-CE	C2531	BOTA FORA	M ³	R\$ 4,46	12,74	R\$ 56,82
10 *	SEINFRA-CE	P001	ADUBO ORGANICO CURTIDO (ESTERCO)	M ³	R\$ 14,45	1,50	R\$ 21,67
11 *	SEINFRA-CE	C2862	BRITA	M ³	R\$ 96,97	2,25	R\$ 218,18
12 *	SEINFRA-CE	C2861	AREIA MÉDIA	M ³	R\$ 9,98	1,50	R\$ 14,97
ESQUEMA 3							
1 **	SEINFRA-CE	C0073	ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO FURADO (9x19x19) cm C/ARGAMASSA MISTA DE CAL HIDRATADA ESP.=10cm (1:2:8)	M ²	R\$ 26,15	12,1	R\$ 316,38
2 **	SEINFRA-CE	C4723	IMPERMEABILIZAÇÃO À BASE DE ARGAMASSA POLIMÉRICA (SUPERFÍCIES EM CONTATO DIRETO COM ÁGUA RESIDUÁRIAS OU CONTATO COM GASES)	M ²	R\$ 10,25	19	R\$ 194,75
3 **	SEINFRA-CE	C0073	CÂMARA DE TIJOLO CERÂMICO FURADO (9x19x19)cm C/ARGAMASSA MISTA DE CAL HIDRATADA ESP.=10cm (1:2:8)	M ²	R\$ 26,15	3,75	R\$ 98,05
4 **	PRÓPRIO	P002	ENTULHO LIMPO (ESPALHAMENTO)	M ³	R\$ 8,71	3,75	R\$ 32,66
5 **	ABRITTA PLANTAS	C0112	MUDA DE BANANEIRA	UM	R\$ 10,83	7	R\$ 75,82

Item	Fonte	Código	Descrição	Unidade	Custo Unitário	Qtde	Custo Total
TOTAL							R\$ 1.611,23
ESQUEMA 2							
1 ***	SEINFRA-CE	C5017	IMPERMEABILIZAÇÃO COM MANTA ASFÁLTICA, CLASSE B, ESTRUTURADA COM POLIESTER NÃO TECIDO, FACES EM POLIETILENO, TIPO II, E=3MM	M ²	R\$ 35,31	19	R\$ 670,82
2 ***	PRÓPRIO	P003	PNEUS (ALOCAÇÃO)	UM	R\$ 0,72	18	R\$ 13,01
3 ***	PRÓPRIO	P006	COCO/BAMBU (PREENCHIMENTO)	M ³	R\$ 4,35	3,75	R\$ 16,33
4 ***	ABRITTA PLANTAS	C0112	MUDA DE BANANEIRA	UM	R\$ 10,83	7	R\$ 75,82
TOTAL							R\$ 1.669,54
ESQUEMA 1							
1 ****	SEINFRA-CE	P005	FERROCIMENTO	M ²	R\$ 50,40	19	R\$ 957,52
2 ****	PRÓPRIO	P002	ENTULHO LIMPO (ESPALHAMENTO)	M ³	R\$ 8,71	3,75	R\$ 32,66
3 ****	PRÓPRIO	P003	PNEUS (ALOCAÇÃO)	UM	R\$ 0,72	18	R\$ 13,01
4 ****	ABRITTA PLANTAS	C0113	MUDA DE MAMÃO	UM	R\$ 6,83	7	R\$ 47,82
TOTAL							R\$ 1.944,57

Legenda: * Itens comum aos três esquemas

** Itens somente do esquema 3

*** Itens somente do esquema 2

**** Itens somente do esquema 1

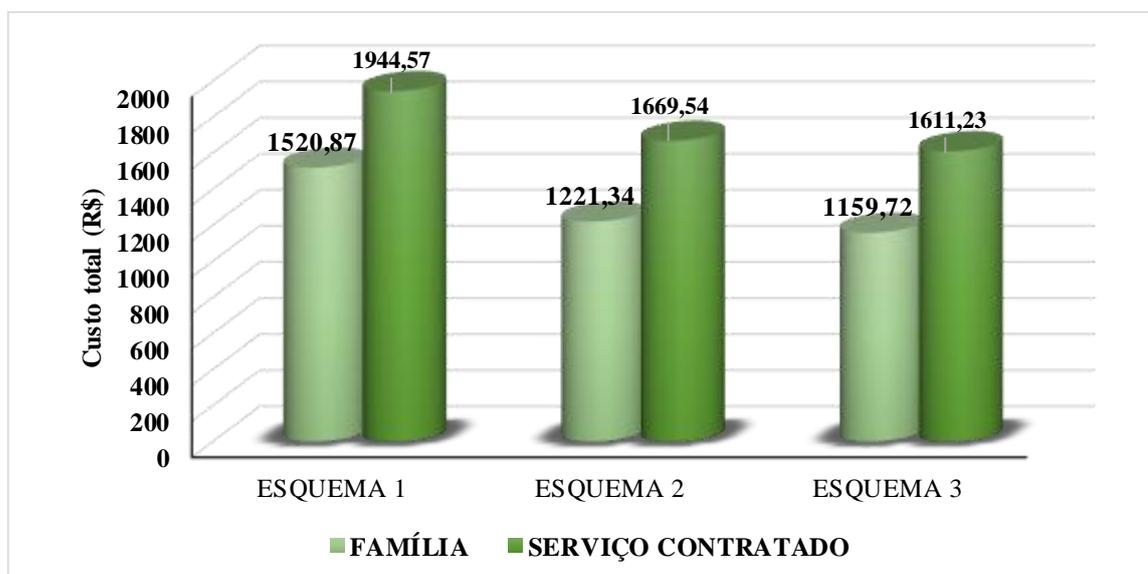
Fonte. Autoria Própria.

Comparando os três esquemas, o mais viável para a região é o Esquema 3, onde é utilizado alvenaria para as paredes e impermeabilização com argamassa polimérica e a câmara de recepção é feita de tijolo, pois com a análise orçamentária ele tem uma diferença de custo de R\$ 333,34 do Esquema 1, feito com ferrocimento, e uma diferença de R\$ 58,31 do Esquema 2, impermeabilizado com manta asfáltica, o que mostra que as diferenças de custo não são tão grandes. Porém, para uma família de comunidade rural onde o sustento é retirado através da agricultura familiar e com longos tempos de seca como na Região dos Sertões de Crateús, essa diferença pode tornar o projeto viável ou não para a realidade dessas famílias.

Com a comparação dos cenários fica evidente a importância da construção participativa do ponto de vista econômico com redução média para os três esquemas de R\$ 385,47. E mais, é uma importante forma de aprendizagem e disseminação da tecnologia. Vale destacar que se fosse utilizado outro esquema considerando a câmara de recepção com pneus e o preenchimento da primeira camada, de baixo para cima, de coco e pedaços de bambu, com alvenaria de tijolos e impermeabilização de argamassa polimérica, o menor custo seria reduzido de R\$ 1611,23 para R\$ 1526,19.

A Figura 22 apresenta uma comparação dos orçamentos, considerando os três esquemas nos dois cenários.

Figura 22- Comparação orçamentária considerando os três esquemas em dois cenários.



Fonte: Autoria Própria.

Ressalta-se ainda que algumas quantidades, especialmente as conexões hidráulicas e as metragens das tubulações apresentadas são uma referência, pois dependem da quantidade de saídas de água da casa e da distância dessa até o local de implementação da tecnologia.

Para o círculo de bananeiras, em uma construção participativa, a família não teria gasto complementar com esse sistema. O círculo desenvolvido em Água Branca foi construído no âmbito do presente trabalho com a ajuda dos familiares beneficiados e de alguns estudantes da E.E.F Santa Rita de Cássia. As mudas de bananeira utilizadas já pertenciam à própria família, que possuíam alguns exemplares no quintal.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo analisar sistemas alternativos de baixo custo para a destinação dos resíduos líquidos para zonas rurais do semiárido nordestino. Pôde-se verificar que o direito ao saneamento básico assegurado por lei para as áreas rurais ainda é incipiente. Diante disso a disseminação do saneamento ecológico torna-se fundamental e pode dar início a emancipação das comunidades rurais em relação ao tratamento de efluentes, além de promover a auto sustentabilidade.

Levando-se em consideração a cifra de R\$ 149,5 bilhões necessárias a universalização do saneamento básico no Brasil (ANA, 2017), os sistemas analisados (Bioágua, fossa verde e círculo de bananeiras) apresentam-se como uma solução viável para zonas rurais, tanto do ponto de vista técnico e como financeiro. Além disso, há viabilidade cultural e sociológica, pois leva em consideração a agricultura familiar e a participação dos beneficiários

na construção e manejo dos sistemas.

Assim, foi apresentado um material que pode contribuir positivamente para a disseminação de melhores práticas associadas ao tratamento de resíduos líquidos no meio rural brasileiro, que sejam viáveis do ponto de vista técnico e financeiro, reconhecendo que o esgoto não é um problema se visto na perspectiva de recurso.

Para a realização de futuras pesquisas recomenda-se:

- a) mapear as comunidades beneficiárias do projeto Bioágua, com mais detalhes sobre o perfil socioeconômico;
- b) realizar um estudo enfatizando discussões sociológicas rurais sobre uma correta abordagem e aceitação da tecnologia utilizada;
- c) implementar o sistema fossa verde e círculo de bananeiras e avaliar os resultados técnicos obtidos.
- d) analisar qualitativamente os parâmetros de salinidade; toxicidade por cloro, cloretos (ppm) e cloro residual (ppm); boro (ppm); DBO (ppm); sólidos suspensos totais (ppm); turbidez (UT); cor aparente (UH) e coliformes fecais (mL) para a Classe 3 de reúso;

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Brasil: ABNT, 1997. 60 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Brasil: ABNT, 1993. 15 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Brasil: ABNT, 1999. 74 p.
- AGEITEC. **Temperatura**. Embrapa. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000fzr67cri02wx5ok0cpoo6aeh331my.html>>. Acesso em: 22 mar. 2019.
- AMARAL, Nayana Maria de Sousa do; *et al.* Utilização de garrafas em pet na construção de bacia de evapotranspiração para tratamento de esgoto. In: II WORKSHOP INTERNACIONAL, 2., 2015, Fortaleza. **Sobre Água no Semiárido Brasileiro**. Fortaleza: 2015. p. 1 – 6.
- ANA. **Atlas esgotos**: Despoluição das bacias hidrográficas. Brasil: Ana, 2017. Disponível em: <<http://atlasesgotos.ana.gov.br/>>. Acesso em: 02 abr. 2019.
- ANA et al. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 152 p. Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/2011/11/ManualConservacaoReusoAguasEdificacoes.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2019
- ANDRADE, Nilton José de. **Saneamento é saúde**. Espírito Santo: Gazeta, 2002. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/RelatorioGestao/Rio10/Riomaisdez/index.php.342.html>>. Acesso em: 19 dez. 2018
- ANDRADE NETO, C. O. de; ALÉM SOBRINHO, P.; CHERNICHARO, C. A. de L; NOUR, E. A., “Filtros Anaeróbios”. In: **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**, Programa PROSAB, capítulo 6, Rio de Janeiro, ABES-RJ. 1999.
- BARBOSA, G. S; DRACH, P. R. C; CORBELLA, O. D. Sustentabilidade Urbana e Desenvolvimento Sustentável: uma discussão em aberto. . In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora **Anais...** Juiz de Fora, 2012, p.1201-1206.
- BAZZARELLA, Bianca Barcellos. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações**.2005. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória -ES, 2005. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6573_Bazzarella_BB_2005.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2019.

BRASIL, Cidade. **Microrregião dos Sertões de Crateús**. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/microrregiao-do-sertao-de-crateus.html>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

BRASIL. Lei nº 11445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico. Brasil, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 17 dez. 2018.

BRASIL. Lei nº 13249, de 2016-2019. **Plano Plurianual de Governo**. Brasil, 2016-2019.

BRASIL. Lei nº 8987, de 13 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Brasil, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8987compilada.htm>. Acesso em: 19 dez. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Saneamento ambiental, sustentabilidade e permacultura em assentamentos rurais**: algumas práticas e vivências. Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2013. 80 p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/san_ambiental.pdf. Acesso em: 19 dez. 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasil, 18 mar. 2005. p. 58-63. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

BRESLIN, E. D. Introducing Ecological Sanitation: Some lessons from a small town pilot project in Mozambique. **Water Science & Technology**, v. 45, n. 8, p. 217-224, 2002.

CAGECE. **Lei de Acesso à Informação**. Disponível em: <<https://www.cagece.com.br/lei-de-acesso-a-informacao/>>. Acesso em: 29 mar. 2019.

CAMPOS, Roger Francisco Ferreira de; MELLO, Osni Ribeiro; BORGA, Tiago. Análise das políticas públicas e o perfil da atual destinação de efluentes sanitários no interior do município de Caçador/SC. **Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 12, n. 2, p.45-59, dez. 2017. Disponível em: <<http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2017/12/04-Publicar.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2019.

CELLARD, A. A análise documental. In: POUPART, J. *et al.* (Orgs.). **A pesquisa qualitativa**: enfoques epistemológicos e metodológicos. Petrópolis: Vozes, 2010. p. 295-316.

CESA, Márcia de Vicente; DUARTE, Gerusa Maria. A qualidade do ambiente e as doenças de veiculação hídrica. **Geosul**, Florianópolis, v. 25, n. 49, p.63-78, jun. 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2010v25n49p63/14054>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

CHERNICHARO, Cal. **Reatores anaeróbios**. Série: Princípios do tratamento biológico de

águas residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária –ufmg., 2007. 5 v.

CICERONE, R. J.; OREMLAND, R. S. **Biogeochemical aspects of atmospheric methane**: Global Biogeochem Cycles. Estados Unidos: Agu100, 1988. 2 v. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/toc/19449224/1988/2/4>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

COSTA, Pablo Soares de Alvarenga. **Desenvolvimento de uma opção de saneamento rural para pequenos agricultores de minas gerais (Itabira)**. 2014. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2014.

ELKINGTON, J. **Cannibals with forks: triple bottom line of 21st century business**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 1999.

EMBRAPA. **Oxigênio Dissolvido**. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/oxigdiss.html>>. Acesso em: 22 mar. 2019.

EMBRAPA. **Tipos de Solos**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 28 fev. 2019.

FAQUIN, Valdemar. **NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS**. 2005. 186 f. TCC (Graduação) - Curso de Solos e Meio Ambiente, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2005. Disponível em: <http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Nutricao%20mineral%20de%20plantas.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2019.

FELSEMBURGH, Cristina Aledi. **Nitrogênio total em folhas e sua relação com o incremento em biomassa de florestas primárias e manejada na Amazônia central**. 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus - AM, 2006. Disponível em: <https://bdtd.inpa.gov.br/bitstream/tede/1117/1/Cristina_Felsemburgh.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2019.

FERRI, M.G. **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1985

FIGUEIREDO, Isabel Campos Salles; SANTOS, Bárbara S. C dos; TONETTI, Adriano Luiz. **Tratamento de esgoto na zona rural: fossa verde e círculo de bananeiras**. Campinas, SP: Biblioteca Unicamp, 2018.

FIGUEIREDO, Isabel Campos Salles; TONETTI, Adriano Luiz; MAGALHÃES, Taína Martins. **Tratamento de esgoto na zona rural: tanque séptico, filtro de coco e vala de bambu**. Campinas, SP: Biblioteca Unicamp, 2018.

FLORENCIO, Lourdinha; BASTOS, Rafael Kopschitz Xavier; AISSE, Miguel Mansur. **Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários**. Recife- Pe: Prosab, 2006. 427 p. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Esgoto-Prosab_-_final.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2019

FIORI, Simone; FERNANDES, Vera Maria Cartana; PIZZO, Henrique. Avaliação qualitativa

e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p.19-30, jan. 2006. Disponível em:
<<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3676/2042>>. Acesso em: 08 mar. 2019.

GALBIATTI, Adriana Farina. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. 2009. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia., Campo Grande, MS, 2009. Disponível em:
<<http://fazenda.ufsc.br/files/2017/02/2009-GALBIATTI-Tratamentode-aguas-negras-por-tanque-de-evapotranspiracao.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2019.

GRUPO HIDROSED. **Biorremediação vegetal do esgoto domiciliar em comunidades rurais do semiárido: ‘água limpa, saúde terra fértil’**. Disponível em:
<<http://www.hidroсед.ufc.br/tmp/infodefverde.pdf>> Acesso em: 18 de fevereiro de 2019.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de Reúso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, São Paulo, v. 7, n. 4, p.75-95, out. 2002. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/101/2371239d0aaf41e014681d6d437c79e7_f553b090dfd516bcc00c055844c42f21.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2019.

IBGE. **Censo demográfico 2010: População residente, total, urbano total e urbana na sede municipal, em números absolutos e relativos, com indicação da área total e densidade demográfica, segundo as Unidades da Federação e os municípios**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE. **Censo 2010: população do Brasil é de 190.732.694 pessoas**. 2010. Disponível em:
<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/13937-asi-censo-2010-populacao-do-brasil-e-de-190732694-pessoas>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

IBGE. **Índices de Cartas**. 2017. Disponível em:
<ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2017/shapefile/>. Acesso em: 25 fev. 2019.

IBGE. **Panorama das Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

IBV (Org.). **Manual Implementação e Manejo do Sistema Bioágua Familiar**. Crateús: INSTITUTO BEM VIVER, 2018.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em:
<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 25 fev. 2019

IPECE. **Caracterização Territorial**. Disponível em:
<<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/11.htm>>. Acesso em: 28 fev. 2019

IPECE. **Ceará em Mapas: Informações georreferenciadas e espacializadas para os 184 municípios cearenses**. 2003. Disponível em:

<<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/11.htm>>. Acesso em: 28 fev. 2019.

JUNIOR, Antonio D. M. *et al.* Utilização de tanques de evapotranspiração para tratamento de esgoto doméstico, em residências em região rural. In: ENEDS, 10., 2013, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira- Unilab, 2013. p. 167 – 180

LANDAU, Elena Charlotte; MOURA, Larissa. **Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais**. Brasília: Embrapa, 2016. 975 p.

LARSSON, Stig. **Short-rotation Willow Biomass Plantations Irrigated and Fertilised with Wastewaters**. 37. ed. Denmark: Sustainable Urban Renewal And Wastewater Treatment, 2003. 58 p.

LAVRADOR FILHO, José. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. 1987. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

LEGAN, L. **Soluções sustentáveis: Uso da água na Permacultura**. Pirenópolis: Mais Calango Editora., 2007

LUCCA, Paulo H. de. **Apostila Teórica de Saneamento Ecológico: A problemática do Saneamento, soluções, conceitos e técnicas**. Serro: Escola da Unidade, 2015.

LUCCA, Paulo H. de. **Saneamento Ecológico e permacultura em comunidade de baixa renda: A simplicidade a favor da humanidade**. Brasil: Ecovida, 2014.

MANDAI, P. **Modelo descritivo da implantação do sistema de tratamento de águas negras por evapotranspiração**. Brasília: Associação Novo Encanto de Desenvolvimento Ecológico - Anede, 2006.

MARTIN, A.; ISABEL, B.; IKABUL A. **Ecological sanitation: social factors impacting use of ecosan in rural Indonesia**. Washington, DC: World Bank, 2010. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/11697>>. Acesso em: 17 dez. 2018

MASSOUD, May A.; TARHINI, Akram; NASR, Joumana A. **Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries**. Journal of Environmental Management, [s.l.], v. 90, n. 1, p.652-659, jan. 2009. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.07.001>. Acesso em: 26 jan. 2019.

MOREIRA, Terezinha. Saneamento básico: Desafios e Oportunidades. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 6, p.157-172, dez. 1996. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13504/2/RB%2006%20Saneamento%20b%20C3%A1sico%20-%20desafio%20e%20oportunidades_P_BD.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2018.

MOTA, Francisco Suetônio Bastos; VON SPERLING, Marcos. **Esgoto: Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Brasil: Prosab, 2017. Disponível em: <<https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de->

programas/prosab/prosab5_tema_2.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2019.

MOTA, João José Pessoa; SOUSA, Carlos di Stefano Silva; SILVA, Alessandro Costa da. Saneamento básico e seu reflexo nas condições socioambientais da zona rural do Baixo Muni (Maranhão). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 54, p.140-160, jun. 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/26850-Texto%20do%20artigo-124446-1-10-20150721.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2019

OMS. WHO. **Health guidelines for use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Technical report series, 778pgs. Geneva: WHO, 1989.

OTTERPOHL, R. **Black, brown, yellow, grey- the new colors of sanitation**. Water 21. p. 37-41, out. 2001.

PAMPLONA, S; VENTURI, M. **Esgoto à flor da terra: Permacultura Brasil**. Brasil: Soluções Ecológicas, 2004. 16 v.

PIRES, Felipe. **Construção participativa de sistemas de tratamento de esgoto doméstico no Assentamento Rural Olga Benário-MG**. 2012. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

PLANTAS, Abritta. **Frutíferas**. Disponível em: <<http://abrittaplantas.com.br/listaprodutoscategoria/2>>. Acesso em: 03 abr. 2019.

PNAD. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios 2013**, volume 33. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 133 p.

POBLETE, Carolina Paz Carmona. **Estudio del Comportamiento de una Mezcla de Aserrín y Grasa Láctea de Desecho**.2010. 55 f. TCC (Graduación) - Curso de Ciencia de Los Alimentos, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 2010. Disponível em: <<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fac287e/doc/fac287e.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

REZENDE, Sonaly Cristina (Org.). **Panorama do saneamento básico no Brasil: Cadernos temáticos para o panorama do saneamento básico no Brasil**. 7. ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2011. 647 p.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2011.

SABEI, Thayze Rochele; BASSETTI, Fátima de Jesus. Alternativas ecoeficientes para tratamento de efluentes em comunidades rurais. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v. 9, n. 11, p.487-503, nov. 2013. Disponível em: <http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/692/716>. Acesso em: 24 abr. 2019.

SANTIAGO, Fábio *et al.* **Ondaletas e o standardized precipitation index: uma aplicação para a parcela mineira da bacia do rio São Francisco**. 2011. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2011.

SANTIAGO, Fábio; JALFIM, Felipe. O sistema bioágua familiar: Reúso de água cinza doméstica para produção de alimentos no semiárido brasileiro. **Capitalização de Experiências: Lições para o desenvolvimento em Moçambique e no Brasil**, Rio Grande do Norte, v. 2, n. 1, p.22-27, jun. 2017.

SANTOS, Fernando Oliveira. **Saneamento básico no Brasil: avaliação dos fatores determinantes do investimento com base nos dados da pesquisa do sistema nacional de informações sobre saneamento (snis)**. 2016. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/17826>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

SEINFRA. **Tabela de Custos**. Ceará. Disponível em: <<https://www.seinfra.ce.gov.br/tabela-de-custos/>>. Acesso em: 03 abr. 2019

SILVA, Mairton Gomes da *et al.* **Avaliação da evapotranspiração de referência por Penman-Monteith usando dados climáticos mínimos no sertão do Ceará**. *Revista Agro@ambiente On-line*, Boa Vista, v. 7, n. 3, p.284-293, dez. 2013. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/1245/1185>>. Acesso em: 13 dez. 2018.

SILVA NETO, Hamilton de Araújo. **Avaliação da potencialidade no reúso doméstico da água cinza tratada para fins não potáveis**. 2018. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana - Ba, 2018. Disponível em: <<http://tede2.uefs.br:8080/bitstream/tede/666/2/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20SILVA%2C%202018.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2019.

SILVEIRA, Ricardo Müller. **Responsabilidade Técnica**. Labcon Teste: Camboriú - SC, 2019. Disponível em: <<http://www.labcon.com/about.html>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

SOUSA, Bernardo Emanuel Martins de. **Tratamento de águas residuais no tratamento de efluentes de Caudais variáveis o caso de estudo da “boomland”**. 2018. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, RJ, 2018.

SUASSUNA, João. A má distribuição da água no Brasil. **Repórter Brasil**. Brasil, p. 1-1. abr. 2004. Disponível em: <<https://reporterbrasil.org.br/2004/04/b-artigo-b-a-ma-distribuicao-da-agua-no-brasil/>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

SUPREMA. **Estudo técnico visando diagnosticar a situação dos recursos hídricos destinados à exploração de água no município de Holambra-SP, compatibilizando alternativas entre disponibilidades e demandas hídricas (Projeto águas de Holambra)**. 2013. Relatório consolidado pela SHS Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda.- EPP, Recurso Fehidro. Holambra, 2013.

TONETTI, Adriano Luiz *et al.* **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. São Paulo: Unicamp, 2018. 153 p.

UNICEF; OMS. Progress on sanitation and drinking water – 2015 update and MDG assessment. 2015.

VENTURI, M. **Experiência de Extensão: Tratamento de esgotos que produz alimentos**. 2004. Disponível em: <<http://www.agroecologia.ufsc.br/>> Acesso em: 20 fev. 2019.

VIEIRA, Itamar. **BET: Bacia de Evapotranspiração**. 2010. Setelombas. Disponível em: <<https://www.setelombas.com.br/2010/10/bacia-de-evapotranspiracao-bet/>>. Acesso em: 28 jan. 2019.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos de tratamento de esgotos**. Série: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Ufmg., 1996.

WERNER, C. *et al.* Ecological sanitation: principles, technologies and project examples for sustainable wastewater and excreta management. **Desalination**, v. 248, n. 1, p. 392-401, 2009.

WHO/UNICEF. Progress on sanitation and drinking water – 2015 update and MDG assessment. Geneva: World Health Organization (who) And The United Nations Children's Fund (unicef), 2015. 90 p.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

APÊNDICE A – ENTREVISTA SOBRE O BIOÁGUA



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ

Nome:
Ocupação:
Escola:
Quantos alunos estão devidamente matriculados:

1. Antes da tecnologia Bioágua Familiar qual era o destino das águas cinzas? Qual a disposição final das águas negras?
2. Depois do Bioágua Familiar, quais as melhorias?
3. Para que é utilizado a água de reuso?
4. As dimensões da tecnologia é a mesma que atende uma família? Se não, quais as dimensões e sua capacidade?
5. O sistema implementado também é utilizado com a finalidade de educação ambiental na escola? Como?
6. A manutenção da tecnologia é feita como o recomendado? Principalmente a troca dos filtros?
7. Quais as dificuldades encontradas na implementação e manutenção do Bioágua?
8. A escola gostaria de receber um novo projeto que incluísse o tratamento das águas negras? E um sistema alternativo de disposição para as águas cinzas?

APÊNDICE B – ANÁLISE QUALITATIVA DA ÁGUA



- **Antes da passagem pelo filtro**

- A. Leitura da quantidade de OD - 11 ppm
- B. Leitura da quantidade de Amônia – 1ppm
- C. Leitura do pH – 6,1
- D. Leitura da quantidade de Ferro – 1ppm
- E. Leitura da temperatura em graus Celsius – 28,5 °C



- **Depois da passagem pelo filtro**

- A. Leitura da quantidade de Amônia – 6,5 ppm
- B. Leitura da temperatura em graus Celsius – 28,9 °C
- C. Leitura do pH – 7,0
- D. Leitura da quantidade de OD - 3 ppm
- E. Leitura da quantidade de Ferro – 5 ppm

APÊNDICE C – SISTEMA DE DIMENSIONAMENTO PARA A FAMÍLIA

Dimensionamento Fossa Verde

Mora em lugar de clima mais seco? (Se sim digite 1, se não digite 2)

1

Quantas pessoas moram na casa?

5

Legenda:	
Valores recebidos	
Valores adotados	
Valores calculados	

Área =	7,5	m ²
Profundidade =	1	m
Volume =	7,5	m ³

Qual a proporção que deseja?

(A/2:2) 1

(A:1) 2 1

	x	y
Dimensões=	3,75	2

Quanto espaço você tem ?

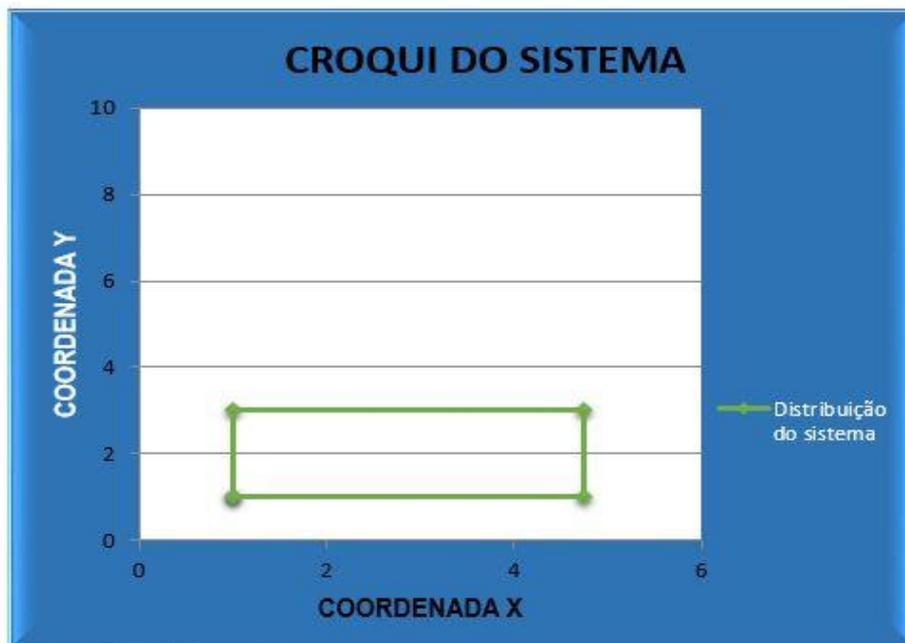
50

5 y

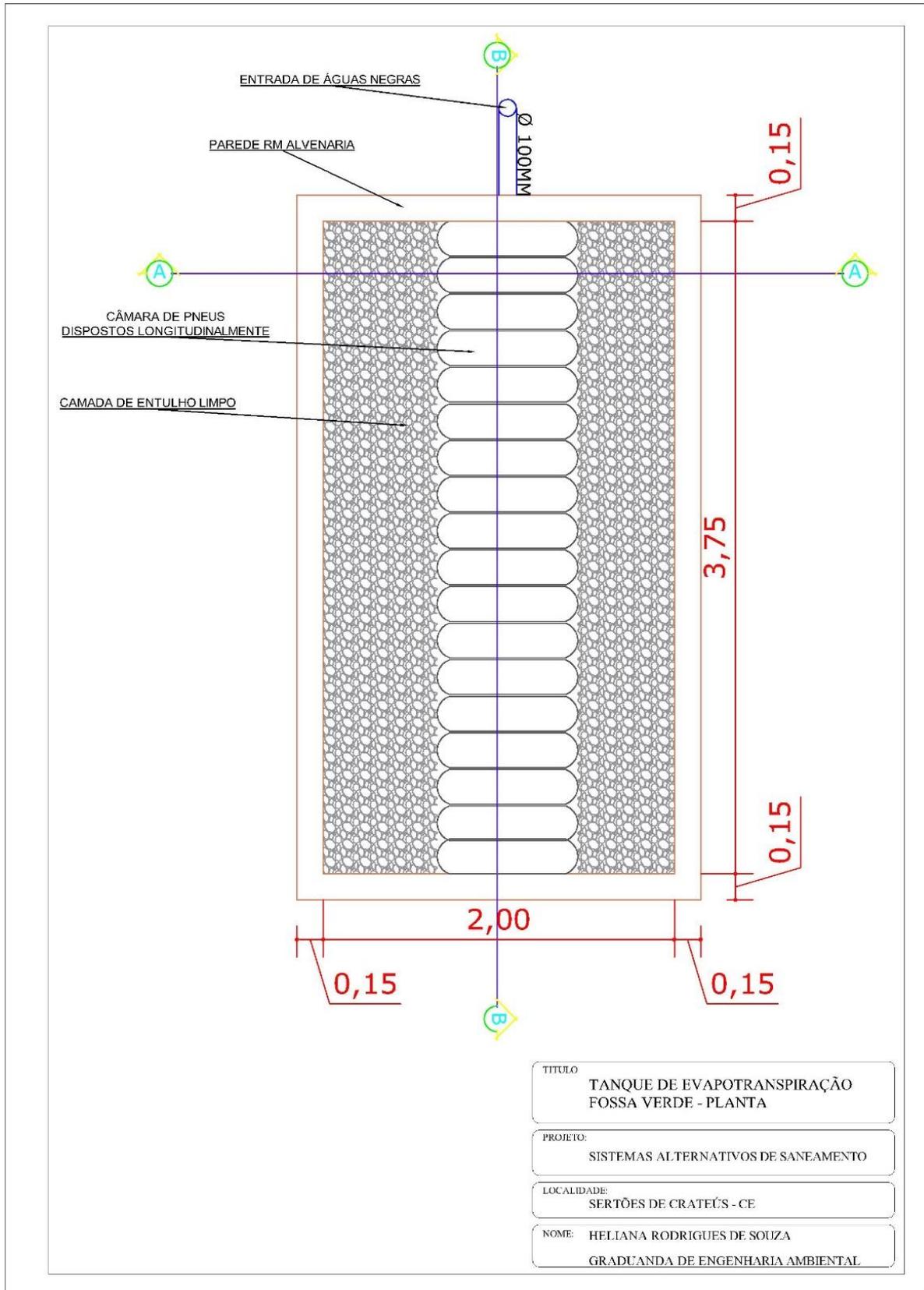
6,75 x

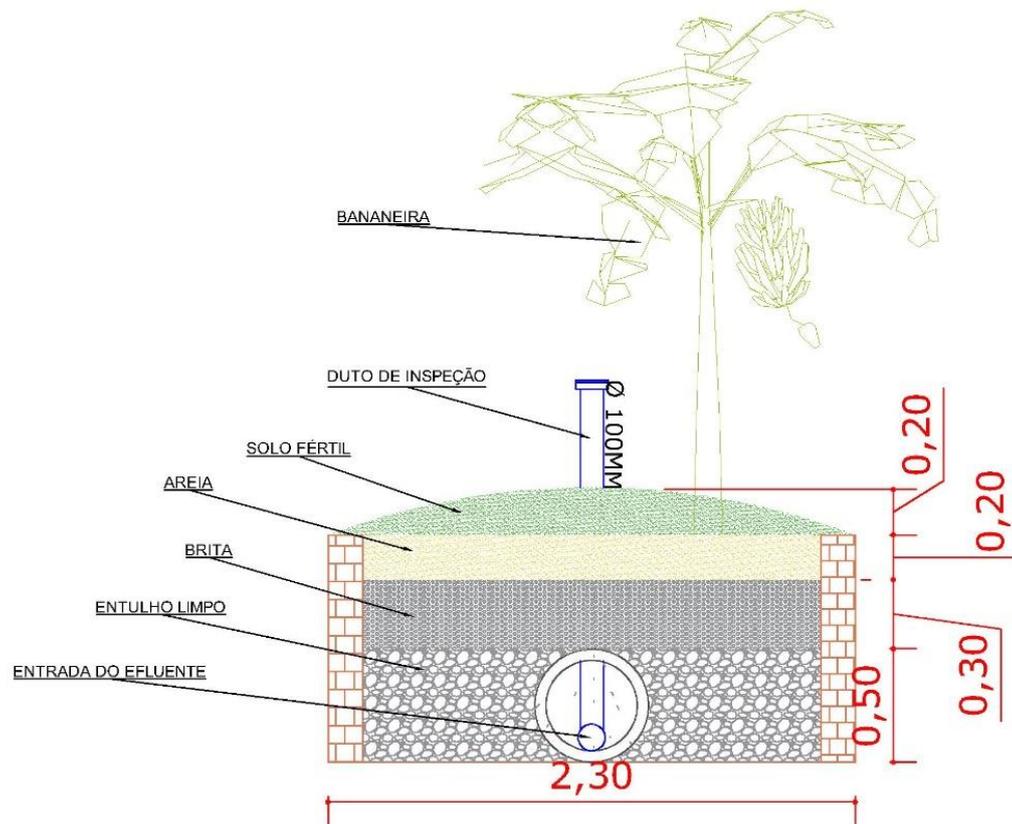
Área Necessária= 33,75

Você tem espaço suficiente



APÊNDICE D- PLANTA SISTEMA FOSSA VERDE-CÍRCULO DE BANANEIRAS



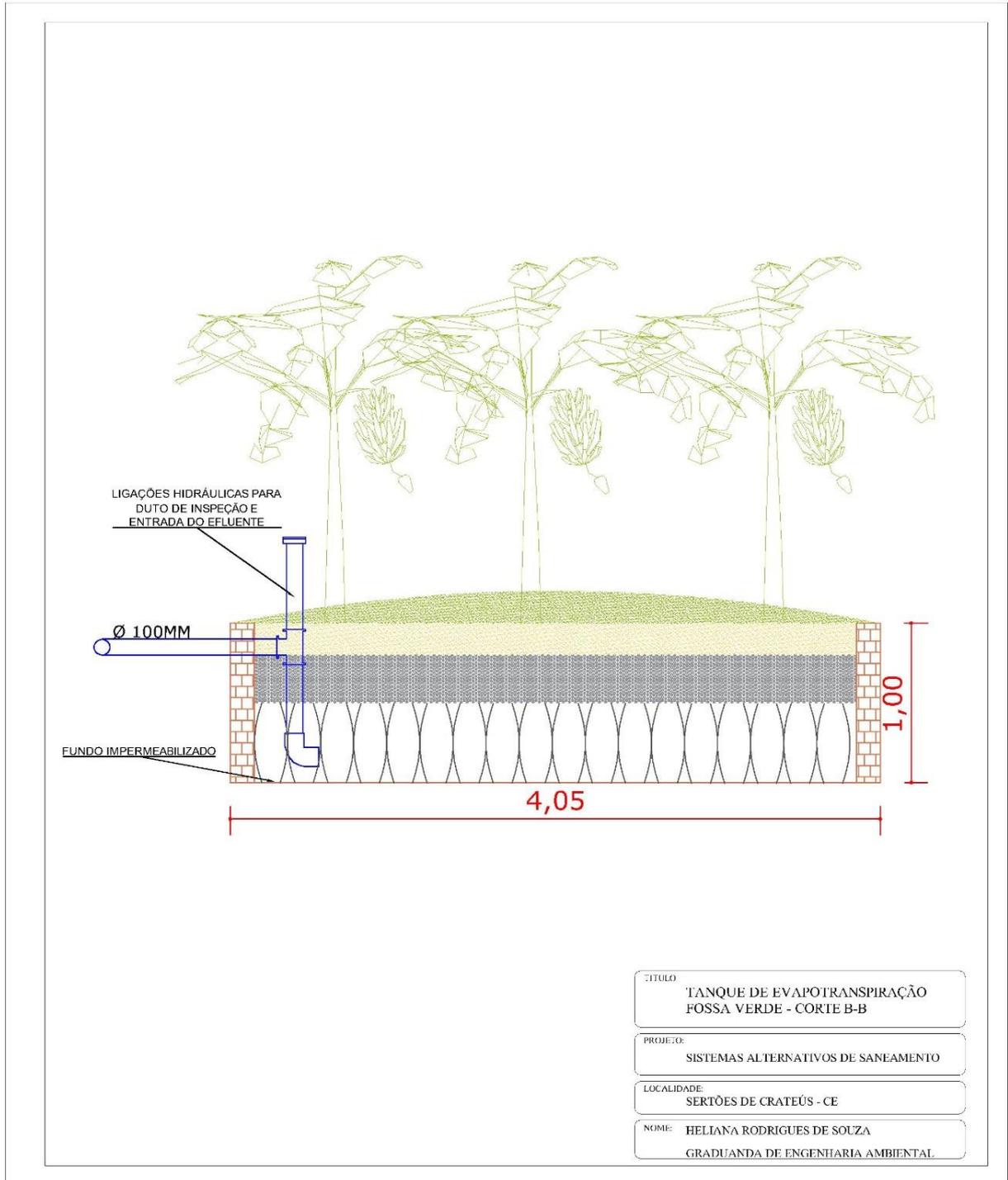


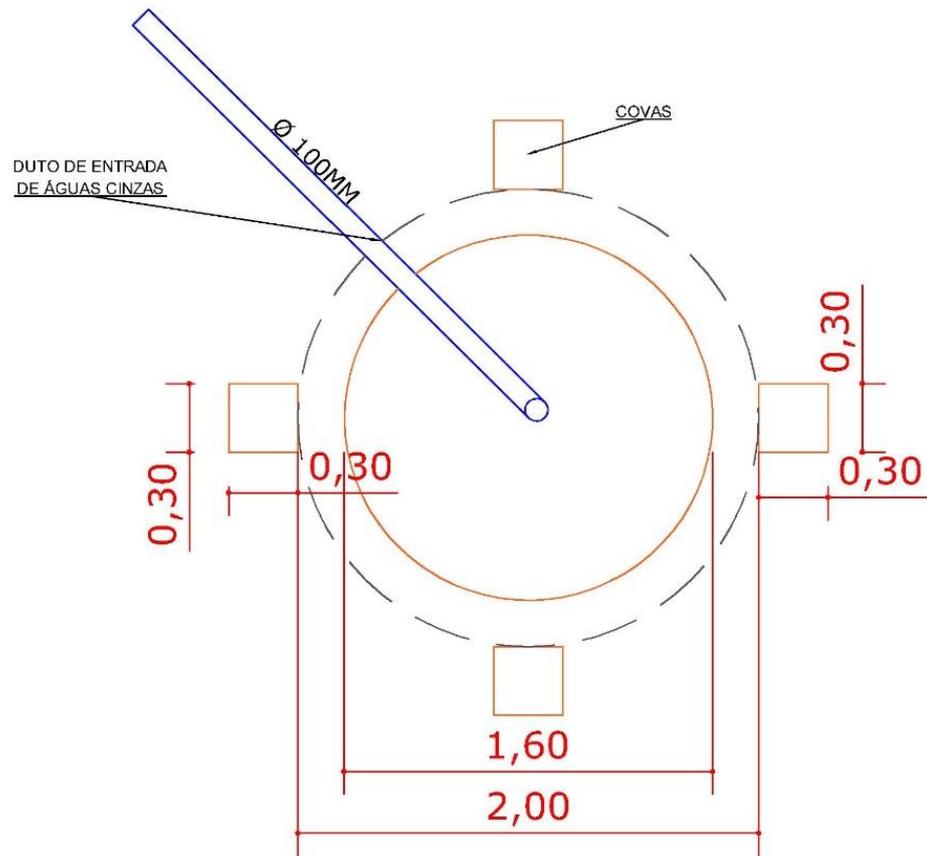
TÍTULO
 TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO
 FOSSA VERDE - CORTE A-A

PROJETO:
 SISTEMAS ALTERNATIVOS DE SANEAMENTO

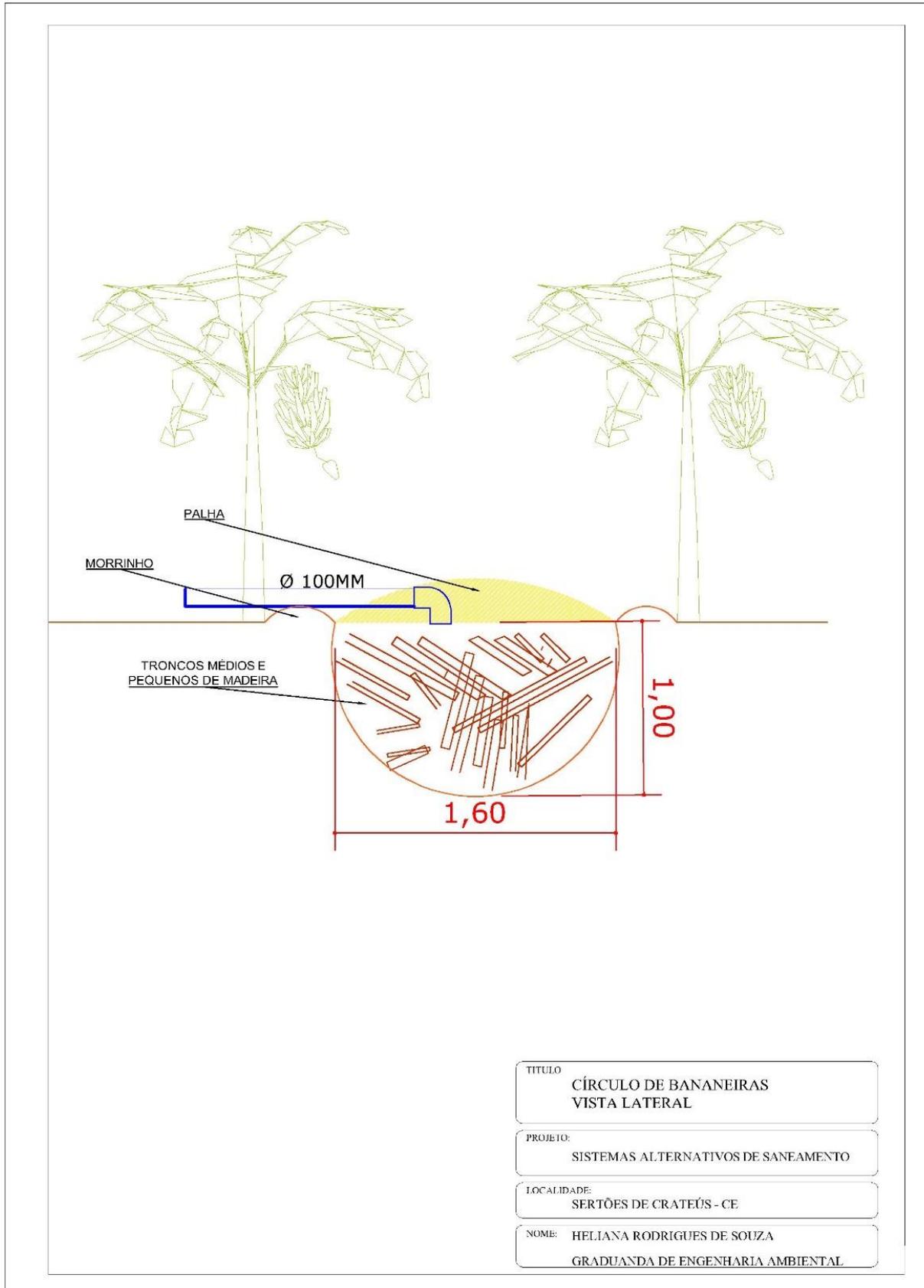
LOCALIDADE:
 SERTÕES DE CRATEÚS - CE

NOME: HELIANA RODRIGUES DE SOUZA
 GRADUANDA DE ENGENHARIA AMBIENTAL





TÍTULO	CÍRCULO DE BANANEIRAS VISTA SUPERIOR
PROJETO:	SISTEMAS ALTERNATIVOS DE SANEAMENTO
LOCALIDADE:	SERTÕES DE CRATEÚS - CE
NOME:	HELIANA RODRIGUES DE SOUZA GRADUANDA DE ENGENHARIA AMBIENTAL



APÊNDICE E – COMPOSIÇÕES DE CUSTO

C2102	RASPAGEM E LIMPEZA DO TERRENO			
Preço Adotado:		1,08853409	Unid: M2	

Código	Descrição	Unidade	Coeficiente	Preço	Total
MAO DE OBRA					
I2543	SERVENTE	H	0,25	4,35413636	1,088534091
TOTAL MAO DE OBRA					1,088534091

Total Simples	1,088534091
Encargos	<i>INCLUSOS</i>
BDI	0
TOTAL GERAL	1,088534091

C3528	MUTIRÃO MISTO - LOCAÇÃO DA OBRA - EXECUÇÃO DE GABARITO			
Preço Adotado:		2,10623	Unid: M2	

Código	Descrição	Unidade	Coeficiente	Preço	Total
MATERIAIS					
I0101	ARAME GALVANIZADO N.16 BWG	KG	0,02	11,25	0,225
I2429	TABUA DE VIROLA DE 12"x 1"	M2	0,009	25,54	0,22986
I1691	PONTALETE / BARROTE DE 3"x3"	M	0,04	16,44	0,6576
I1724	PREGO	KG	0,012	11,26	0,13512
TOTAL MATERIAIS					1,24758

MAO DE OBRA					
I0498	CARPINTEIRO	H	0,13	6,605	0,85865
TOTAL MAO DE OBRA					0,85865

Total Simples	2,10623
Encargos	<i>INCLUSOS</i>
BDI	0
TOTAL GERAL	2,10623

C0095	APILOAMENTO DE PISO OU FUNDO DE VALAS C/MAÇO DE 30 A 60 KG			
Preço Adotado:		7,40203182	Unid: M2	

Código	Descrição	Unidade	Coeficiente	Preço	Total
MAO DE OBRA					
I2543	SERVENTE	H	1,7	4,35413636	7,402031818
TOTAL MAO DE OBRA					7,402031818

Total Simples	7,402031818
Encargos	<i>INCLUSOS</i>
BDI	0
TOTAL GERAL	7,402031818

C0073 ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO FURADO (9x19x19)cm C/ARGAMASSA MISTA DE CAL HIDRATADA ESP.=10cm (1:2:8)					
Preço Adotado:				26,1474327	Unid: M2
Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MATERIAIS					
I0441	CAL HIDRATADA	KG	2,18	1,1	2,398
I0805	CIMENTO PORTLAND	KG	2,18	0,46	1,0028
I2081	TIJOLO CERÂMICO FURADO 9X19X19CM	UN	25	0,42	10,5
I0109	AREIA MEDIA	M3	0,015	51	0,765
TOTAL MATERIAIS					14,6658
MAO DE OBRA					
I2391	PEDREIRO	H	1	6,605	6,605
I2543	SERVENTE	H	1,12	4,35413636	4,876632727
TOTAL MAO DE OBRA					11,48163273
				Total Simples	26,14743273
				Encargos	<i>INCLUSOS</i>
				BDI	0
				TOTAL GERAL	26,14743273
C2784 ESCAVAÇÃO MANUAL SOLO DE 1A.CAT. PROF. ATÉ 1.50m					
Preço Adotado:				11,5384614	Unid: M3
Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MAO DE OBRA					
I2543	SERVENTE	H	2,65	4,35413636	11,53846136
TOTAL MAO DE OBRA					11,53846136
				Total Simples	11,53846136
				Encargos	<i>INCLUSOS</i>
				BDI	0
				TOTAL GERAL	11,53846136
C1549 JOELHO PVC BRANCO P/ESGOTO D=100mm (4")					
Preço Adotado:				15,73255	Unid: um
Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MATERIAIS					
I1888	SOLUÇÃO LIMPADORA PARA PVC RIGIDO	L	0,08	32,16	2,5728
I0026	ADESIVO PARA TUBO DE PVC RIGIDO	KG	0,05	43,56	2,178
I1282	JOELHO PVC PARA ESGOTO DE 100MM	UN	1	5,8	5,8
TOTAL MATERIAIS					10,5508
MAO DE OBRA					
I0043	AJUDANTE DE ENCANADOR	H	0,45	4,91	2,2095
I2320	ENCANADOR	H	0,45	6,605	2,97225
TOTAL MAO DE OBRA					5,18175

Total Simples	15,73255
Encargos	<i>INCLUSOS</i>
BDI	0
TOTAL GERAL	15,73255

C2343 TÊ PVC BRANCO C/INSPEÇÃO P/ESGOTO D=100mm (4")					
Preço Adotado:					Unid: um
Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MATERIAIS					
I1888	SOLUÇÃO LIMPADORA PARA PVC RIGIDO	L	0,08	32,16	2,5728
I0026	ADESIVO PARA TUBO DE PVC RIGIDO	KG	0,05	43,56	2,178
I1957	TE C/INSPECAO DE PVC DE 4'	UN	1	25,23	25,23
TOTAL MATERIAIS					29,9808
MAO DE OBRA					
I0043	AJUDANTE DE ENCANADOR	H	0,46	4,91	7,4888
I2320	ENCANADOR	H	0,46	6,605	9,246
TOTAL MAO DE OBRA					16,7348

Total Simples	46,7156
Encargos	<i>INCLUSOS</i>
BDI	0
TOTAL GERAL	46,7156

C2593 TUBO PVC BRANCO P/ESGOTO D=100MM (4')					
Preço Adotado:					Unid: um
Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MATERIAIS					
I1888	SOLUÇÃO LIMPADORA PARA PVC RIGIDO	L	0,04	32,16	1,2864
I0026	ADESIVO PARA TUBO DE PVC RIGIDO	KG	0,025	43,56	1,089
I2193	TUBO PVC ESGOTO DE 100MM (4') - (NBR 5688)	M	1,01	8,54	8,6254
TOTAL MATERIAIS					11,0008
MAO DE OBRA					
I0043	AJUDANTE DE ENCANADOR	H	0,52	4,91	2,5532
I2320	ENCANADOR	H	0,52	6,605	3,4346
TOTAL MAO DE OBRA					5,9878

Total Simples	16,9886
Encargos	<i>INCLUSOS</i>
BDI	0
TOTAL GERAL	16,9886

C4723 IMPERMEABILIZAÇÃO À BASE DE ARGAMASSA POLIMÉRICA (SUPERFÍCIES EM CONTATO DIRETO COM ÁGUA RESIDUÁRIAS OU CONTATO COM GASES)		
Preço Adotado:	10,2501927	Unid: M2

Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MATERIAIS					
18980	ARGAMASSA POLIMÉRICA	KG	3	2,54	7,62
TOTAL MATERIAIS					7,62
MAO DE OBRA					
10091	APLICADOR IMPERMEABILIZAÇÃO	H	0,24	6,605	1,5852
12543	SERVENTE	H	0,24	4,35413636	1,044992727
TOTAL MAO DE OBRA					2,630192727
Total Simples					10,25019273
Encargos					<i>INCLUSOS</i>
BDI					0
TOTAL GERAL					10,25019273

P001 PREPARO E SUBSTITUIÇÃO DE TERRA P/PLANTAÇÃO		
Preço Adotado:	14,4461538	Unid: M3

Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MATERIAIS					
10031	ADUBO ORGANICO CURTIDO (ESTERCO)	M3	0,1	142	14,2
TOTAL MATERIAIS					14,2
MAO DE OBRA					
12543	SERVENTE	H	0,05653333	4,35413636	0,246153842
TOTAL MAO DE OBRA					0,246153842
Total Simples					14,44615384
Encargos					<i>INCLUSOS</i>
BDI					0
TOTAL GERAL					14,44615384

C2862 LASTRO DE BRITA		
Preço Adotado:	96,9707727	Unid: M3

Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MATERIAIS					
10280	BRITA	M3	1,15	45	51,75
TOTAL MATERIAIS					88,2625
MAO DE OBRA					
12543	SERVENTE	H	2	4,35413636	8,708272727
TOTAL MAO DE OBRA					8,708272727
Total Simples					96,97077273

Encargos	<i>INCLUSOS</i>
BDI	0
TOTAL GERAL	96,97077273

C2861	LASTRO DE AREIA EXTRAIDA (S/ TRANSPORTE)	
Preço Adotado:	9,98097727	Unid: M3

Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
SERVIÇOS					
C3129	AREIA DE CAMPO - EXTRAÇÃO	M3	1,15	3,757	4,3206
TOTAL SERVIÇOS					4,3206

MAO DE OBRA					
I2543	SERVENTE	H	1,3	4,35413636	5,660377273
TOTAL MAO DE OBRA					5,660377273

Total Simples	9,980977273
Encargos	<i>INCLUSOS</i>
BDI	0
TOTAL GERAL	9,980977273

C0112	ARBUSTOS ORNAMENTAIS EM GERAL (BANANEIRA)	
Preço Adotado:	10,8320807	Unid: um

Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MATERIAIS					
I0001	MUDA DE BANANEIRA DIVERSAS ESPÉCIES	UN	1	5	5
TOTAL MATERIAIS					5

MAO DE OBRA					
I1277	JARDINEIRO	H	0,1696	4,90613636	0,832080727
TOTAL MAO DE OBRA					5,832080727

Encargos	Total Simples	10,83208073
	Encargos	<i>INCLUSOS</i>
	BDI	0
	TOTAL GERAL	10,83208073

P002	LASTRO DE ENTULHO LIMPO	
Preço Adotado:	8,70827273	Unid: M3

Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MATERIAIS					
IP001	entulho limpo	M3	1,15	0	0
TOTAL MATERIAIS					0

MAO DE OBRA					
I2543	SERVENTE	H	2	4,35413636	8,708272727
TOTAL MAO DE OBRA					8,708272727

Total Simples	8,708272727
---------------	-------------

Encargos	<i>INCLUSOS</i>
BDI	0
TOTAL GERAL	8,708272727

C2921 REATERRO C/COMPACTAÇÃO MANUAL S/CONTROLE, MATERIAL DA VALA

Preço Adotado: 7,40203182 Unid: M3

Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MAO DE OBRA					
I2543	SERVENTE	H	1,7	4,35413636	7,402031818
TOTAL MAO DE OBRA					7,402031818

Total Simples	7,402031818
Encargos	<i>INCLUSOS</i>
BDI	0
TOTAL GERAL	7,402031818

C2531 TRANSPORTE DE MATERIAL, EXCETO ROCHA EM CAMINHÃO ATÉ 1KM

Preço Adotado: 4,46 Unid: M3

Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
EQUIPAMENTOS (HORARIO)					
I0690	CAMINHÃO BASCULANTE 6 M3 (CHP)	H	0,037	120,5093	4,4588
TOTAL EQUIPAMENTOS (CHORARIO)					4,4588

Total Simples	4,46
Encargos	<i>INCLUSOS</i>
BDI	0
TOTAL GERAL	4,46

P003 PNEUS (ALOCAÇÃO)

Preço Adotado: 0,72278664 Unid: um

Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MATERIAIS					
IP002	PNEUS	UM	1	0	0
TOTAL MATERIAIS					0
MAO DE OBRA					
I2543	SERVENTE	H	0,166	4,35413636	0,722786636
TOTAL MAO DE OBRA					0,722786636

Total Simples	0,722786636
Encargos	<i>INCLUSOS</i>
BDI	0
TOTAL GERAL	0,722786636

C5017 IMPERMEABILIZAÇÃO COM MANTA ASFÁLTICA, CLASSE B, ESTRUTURADA COM POLIESTER NÃO TECIDO, FACES EM POLIETILENO, TIPO II, E=3MM

Preço Adotado:	35,3061818	Unid: M2
-----------------------	-------------------	-----------------

Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MAO DE OBRA					
I2543	SERVENTE	H	0,6	4,35413636	2,612481818
I0091	APLICADOR IMPERMEABILIZAÇÃO	H	0,3	6,605	1,9815
TOTAL MAO DE OBRA					4,593981818

MATERIAIS					
I9509	PRIMER, EMULSÃO ASFÁLTICA À BASE DE ÁGUA, PARA COLAGEM DE MANTAS E OU FITAS ASFÁLTICAS (DENSIDADE: 1KG/L)	L	0,4	7,01	2,804
I9503	MANTA ASFÁLTICA COM POLÍMEROS E ELASTÔMEROS, CLASSE B, ESTRUTURADA COM POLIESTER NÃO TECIDO, FACES EM POLIETILENO, TIPO II, E=3MM (NBR 9952:2014)	M2	1,15	23,02	26,473
I1218	GAS	KG	0,26	5,52	1,4352
TOTAL MATERIAIS					30,7122

Total Simples	35,30618182
Encargos	<i>INCLUSOS</i>
BDI	0
TOTAL GERAL	35,30618182

C0118	ARGAMASSA DE CIMENTO ARENOSO E AREIA S/PEN. TRAÇO 1:4:2	
Preço Adotado:	82,7865436	Unid: M3

Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MATERIAIS					
I0112	ARENOSO	M3	1,005	52	52,26
I0805	CIMENTO PORTLAND	KG	0,123	0,46	0,05658
I0109	AREIA MEDIA	M3	0,495	51	25,245
TOTAL MATERIAIS					77,56158

MAO DE OBRA					
I2543	SERVENTE	H	1,2	4,35413636	5,224963636
TOTAL MAO DE OBRA					5,224963636

Total Simples	82,78654364
Encargos	<i>INCLUSOS</i>
BDI	0
TOTAL GERAL	82,78654364

P005	FERROCIMENTO	
Preço Adotado:	50,3957178	Unid: M2

Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total	
MATERIAIS						
C0118	ARGAMASSA DE CIMENTO ARENOSO E AREIA S/PEN. TRAÇO 1:4:2	M3	0,00060396	82,7865436	0,05	
I0003	TELA METÁLICA	M2	1	6,8	6,8	
TOTAL MATERIAIS					6,85	
MAO DE OBRA						
I2543	SERVENTE	H	10,001	4,35413636	43,54571777	
TOTAL MAO DE OBRA					43,54571777	
					Total Simples	50,39571777
					Encargos	INCLUSOS
					BDI	0
TOTAL GERAL					50,39571777	

C0113			ARBUSTOS ORNAMENTAIS EM GERAL (MAMÃO)		
Preço Adotado:		6,83208073			Unid: um

Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total	
MATERIAIS						
I0002	MUDA DE MAMÃO FORMOSA	UM	1	3	3	
TOTAL MATERIAIS					3	
MAO DE OBRA						
I1277	JARDINEIRO	H	0,1696	4,90613636	0,832080727	
TOTAL MAO DE OBRA					3,832080727	
					Total Simples	6,832080727
					Encargos	INCLUSOS
					BDI	0
TOTAL GERAL					6,832080727	

P006			COCO/BAMBU (PREENCHIMENTO)		
Preço Adotado:		4,35413636			Unid: M3

Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total	
MATERIAIS						
I0004	COCO/BAMBU	M3	1	0	0	
TOTAL MATERIAIS					0	
MAO DE OBRA						
I2543	SERVENTE	H	1	4,35413636	4,354136364	
TOTAL MAO DE OBRA					4,354136364	
					Total Simples	4,354136364
					Encargos	INCLUSOS
					BDI	0
TOTAL GERAL					4,354136364	

ANEXO A – ORÇAMENTO BIOÁGUA

Orçamento Bioágua Familiar					
Nº	Descrição	Unidade	Custo Unitário	Quantidade	Custo Total
1	Cimento	Sacos	R\$ 24,00	10	R\$ 240,00
2	Brita nº1	Latas	R\$ 4,00	14	R\$ 56,00
3	Areia	M³	R\$ 50,00	3	R\$ 150,00
4	Cimento impermeabilizante	Litros	R\$ 8,50	2	R\$ 17,00
5	Arame galvanizado, nº 12 ou 14	Kg	R\$ 10,00	5	R\$ 50,00
6	Arame recozido	Kg	R\$ 10,00	0,5	R\$ 5,00
7	Ferro nº 5/16"	Vara	R\$ 20,00	3	R\$ 60,00
8	Telhas	Unidade	R\$ 0,45	350	R\$ 157,50
9	Barrote	Metro	R\$ 13,50	25	R\$ 337,50
10	Caibros	Metro	R\$ 3,00	34	R\$ 102,00
11	Tijolo com oito furos	Unidade	R\$ 0,40	40	R\$ 16,00
12	Pregos caibral	Kg	R\$ 8,50	0,5	R\$ 4,25
13	Joelho 50 mm - Esgoto	Unidade	R\$ 3,00	2	R\$ 6,00
14	Joelho soldável 32 mm, 90°	Unidade	R\$ 2,80	2	R\$ 5,60
15	Curva soldável 32 mm, 90°	Unidade	R\$ 6,75	4	R\$ 27,00
16	Tê 50 mm - Esgoto	Unidade	R\$ 3,50	2	R\$ 7,00
17	Tê 32 mm PVC marrom	Unidade	R\$ 3,50	5	R\$ 17,50
18	Registro esfera p/ fita gotejadora x Tubo PVC c/chula bilabial	Unidade	R\$ 4,00	6	R\$ 24,00
19	Tampão (cap) 32 mm PVC marrom	Unidade	R\$ 1,20	6	R\$ 7,20
20	Tampão (cap) 50 mm - Esgoto	Unidade	R\$ 2,80	1	R\$ 2,80
21	Tubo de cola PVC	Unidade	R\$ 13,50	1	R\$ 13,50
22	Terminal p/ fita gotejadora	Unidade	R\$ 1,90	6	R\$ 11,40
23	Tubo PVC p/irrigação 32 mm marrom	Metro	R\$ 4,35	18	R\$ 78,30
24	Tubo DN 50 mm - Esgoto	Metro	R\$ 4,20	18	R\$ 75,60
25	Luva de redução 50 mm x 32 mm - Esgoto	Unidade	R\$ 2,50	1	R\$ 2,50
26	Luva de redução 40 mm x 50 mm - Esgoto	Unidade	R\$ 2,50	2	R\$ 5,00

27	Luva LR com rosca interna 32 mm marrom	Unidade	R\$ 2,00	3	R\$ 6,00
28	Luva de união soldável 32 mm	Unidade	R\$ 10,00	2	R\$ 20,00
29	Adaptador LR com rosca externa 32 mm marrom	Unidade	R\$ 1,50	3	R\$ 4,50
30	Registro sold. 32 mm marrom	Unidade	R\$ 14,50	2	R\$ 29,00
31	Mangueira gotejadora	Metro	R\$ 0,45	200	R\$ 90,00
32	Válvula de sucção 32 mm (Plástico)	Unidade	R\$ 38,00	1	R\$ 38,00
33	Veda rosca	Unidade	R\$ 1,00	1	R\$ 1,00
34	Bujão 32 mm	Unidade	R\$ 2,50	1	R\$ 2,50
35	Filtro de disco 32 mm	Unidade	R\$ 60,00	1	R\$ 60,00
36	Pino fêmea	Unidade	R\$ 3,00	1	R\$ 3,00
37	Cabo flexível PP 2 x 2,5 mm	Unidade	R\$ 4,00	50	R\$ 200,00
38	Conjuto bomba elétrico recalque sucção 32mm 3/4 CV	Unidade	R\$ 300,00	1	R\$ 300,00
39	Disjuntor	Unidade	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00
40	Serviço de Pedreiro	Unidade	R\$ 390,00	1	R\$ 390,00
41	Ajudante de Pedreiro	Unidade	R\$ 195,00	1	R\$ 195,00
42	Instalação de Kit irrigação	Unidade	R\$ 200,00	1	R\$ 200,00
Total Geral					R\$ 3.027,65

Fonte: IBV (2018).