

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**ARINALDO CARVALHO DE MORAES JUNIOR**

**ANÁLISE DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PARA DISPOSIÇÃO DE EFLUENTES  
DOMÉSTICOS EM HABITAÇÕES POPULARES**

**Alegrete  
2017**

**ARINALDO CARVALHO DE MORAES JUNIOR**

**ANÁLISE DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PARA DISPOSIÇÃO DE EFLUENTES  
DOMÉSTICOS EM HABITAÇÕES POPULARES**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil  
da Universidade Federal do Pampa, como  
requisito parcial para obtenção do Título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Dra. Adriana Gindri Salbego

**Alegrete  
2017**

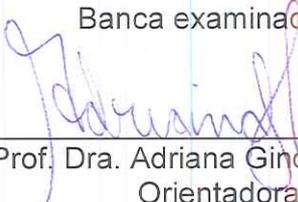
ARINALDO CARVALHO DE MORAES JUNIOR

**ANÁLISE DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PARA DISPOSIÇÃO DE EFLUENTES  
DOMÉSTICOS EM HABITAÇÕES POPULARES**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil  
da Universidade Federal do Pampa, como  
requisito parcial para obtenção do Título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em:

Banca examinadora:



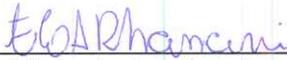
---

Prof. Dra. Adriana Gindri Salbego  
Orientadora  
UNIPAMPA



---

Prof. Dr. Fladimir Fernandes dos Santos  
UNIPAMPA



---

Prof. Ma. Elvira Luiza Arantes Ribeiro Mancini  
UNIPAMPA

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais, Ari Moraes e Maria das Graças, por todo empenho, dedicação, amor e exemplo de seres humanos aos quais sempre me espelhei.

A minha irmã, Adrieny Moraes, por sempre está comigo nas horas em que mais precisei.

Aos meus amigos Jeferson Resende, Ricardo Abreu, Robson Ferreira, Paulo Cima, Jéssica Silveira, Juliano Goulart e Fagner Fernandes por todo companheirismo nos anos de graduação.

Aos colegas Jéssica Silveira, Lucas Lopes e Fabricio Hubert por terem me ajudado nas realizações dos ensaios.

A minha orientadora Adriana Gindri Salbego, por todos os conhecimentos passados desde o início do curso, até a realização deste trabalho.

Agradeço também a Jessi Pratis da Silva, que gentilmente deixou que realizássemos em sua casa os ensaios necessários.

A todos vocês os meus sinceros agradecimentos.

“Se você quer realmente alcançar um objetivo, corra atrás com determinação, mas antes, ajoelhe-se e peça à Deus com o coração, e ele o fará”.

Ari Moraes

## RESUMO

A questão do saneamento básico em regiões periféricas é cada vez mais discutida. Nessas regiões, muitas vezes não existem sistemas públicos de coleta de esgoto, fazendo com que fique a cargo do morador executar de forma correta a disposição do esgoto cloacal de seu domicílio. Entretanto, nessas regiões, a população possui um baixo poder aquisitivo, fazendo com que a execução de um sistema individual de coleta de esgoto convencional se torne inacessível. Neste trabalho, identificou-se uma rua, situada na periferia do município de Alegrete/RS que vive essa realidade. Constatou-se, através de pesquisa aplicada junto aos moradores, que a maioria das famílias da área obtém renda em torno de um salário mínimo e uma média de quatro moradores por residência. Visando melhorar as condições de saneamento local e proporcionar diminuição no custo da construção, indicou-se a instalação de um sistema individual de tratamento de esgoto sustentável, utilizando materiais alternativos com custo zero na sua implantação. A proposta é instalar um sistema, cuja matéria prima principal é o pneu inservível de caminhão. O sistema foi dimensionado para uma residência com quatro pessoas e irá funcionar em dois módulos. O primeiro funcionará como fossa séptica, é composto por quatro pneus, que receberá os efluentes diretamente do vaso sanitário, através de um tubo PVC de 100 mm. Neste módulo as bactérias irão agir, a matéria orgânica irá se depositar no fundo e o líquido gerado irá para o segundo módulo através de um tubo PVC de 100 mm. O segundo módulo irá funcionar como filtro anaeróbio, e é composto por quatro pneus. Para filtrar e diminuir a quantidade de matéria orgânica, nesta etapa, utiliza-se gomos de bambu, que tem custo zero, como material de meio suporte. Um tubo PVC de 100 mm, que está ligado a saída do segundo módulo, fará o infiltramento no solo. O tubo terá cinco metros de comprimento, e nos últimos dois metros irá conter muitos furos, possibilitando o infiltramento no solo. A implantação do sistema proposto custa R\$ 485,76, se tornando mais acessível a moradores de regiões periféricas e sendo uma boa solução para sanar ou diminuir os problemas causados pela falta de saneamento adequado em regiões com baixo poder aquisitivo.

Palavras-Chaves: saneamento, sistema sustentável, fossa séptica, filtro anaeróbio, sumidouro.

## **ABSTRACT**

The issue of basic sanitation in peripheral regions is increasingly discussed. In these regions, there are often no public sewage collection systems, making it up to the villager to correctly perform the disposal of sewage from his home. However, in these regions, the population has a low purchasing power, making the execution of a conventional sewage collection system inaccessible. In this work, a street was identified, located in the periphery of the municipality of Alegrete/RS that lives this reality. It was verified, through applied research with the residents, that the majority of families in the area obtain income around a minimum wage and an average of four residents per residence. In order to improve local sanitation conditions and to provide a reduction in the cost of construction, it was indicated the installation of an individual sustainable sewage treatment system, using alternative materials with zero cost in its implementation. The proposal is to install a system, whose main raw material is the unseaworthy truck tire. The system has been scaling for a residence with four people and will work in two modules. The first will work as a septic tank, is composed of four tires, which will receive the effluents directly from the toilet, through a PVC pipe of 100 mm. In this module the bacteria will act, the organic matter will deposit in the bottom and the liquid generated will go to the second module through a PVC pipe of 100 mm. The second module will work as an anaerobic filter, and is composed of four tires. In order to filter and reduce the amount of organic matter, bamboo buds are used in this step, which has zero cost, as a medium support material. A 100 mm PVC pipe, which is connected to the outlet of the second module, will infiltrate the ground. The tube will be five meters long, and in the last two meters will contain many holes, allowing infiltration into the ground. The implementation of the proposed system costs R\$ 485.76, making it more accessible to residents of peripheral regions and a good solution to remedy or reduce the problems caused by lack of adequate sanitation in low-income regions.

Key-words: sanitation, sustainable system, septic tank, anaerobic filter, sink.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Funcionamento da etapa primária de tratamento .....	21
Figura 2 - Demonstração de transporte de efluente no conjunto Fossa, Filtro e Sumidouro .....	23
Figura 3 - Principais componentes da fossa séptica .....	24
Figura 4 - Tipos de tanques sépticos .....	25
Figura 5 - Tipos de meios suporte utilizados em filtros biológicos percoladores .....	29
Figura 6 - Gomos de bambu como meio suporte .....	30
Figura 7 - Fossa sumidouro.....	32
Figura 8 - Sumidouro com uso de pneus .....	33
Figura 9 - Indicação da área de estudo.....	35
Figura 10 - Delimitação da área de estudo .....	36
Figura 11 - Esgoto a céu aberto na rua Plínio Brasil Milano .....	46
Figura 12 - Local da realização do ensaio.....	47
Figura 13 - Escavação com trado manual.....	50
Figura 14 - Verificação da profundidade .....	50
Figura 15 - Medição da profundidade.....	51
Figura 16 - Módulos do sistema indicado.....	52
Figura 17 - Pontos de perfuração para acoplagem dos pneus.....	53
Figura 18 - Valas que irão receber os módulos.....	53
Figura 19 - Anéis e tampas do sistema .....	54
Figura 20 - Colocação e concretagem do piso dos módulos.....	54
Figura 21 - Colocação dos tubos de entrada e saída do sistema.....	55
Figura 22 - Tubulação que infiltrará o líquido no solo.....	55
Figura 23 - Colocação das tampas para vedação.....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução da cobertura dos serviços de abastecimento de água e coleta de esgotos no Brasil (%) .....	18
Tabela 2 - Eficiência das fossas sépticas.....	26
Tabela 3 - Dados sobre domicílios no bairro Promorar .....	40
Tabela 4 - Dados estatísticos obtidos do gráfico 2.....	41
Tabela 5 - Resultados do ensaio de Infiltração .....	48
Tabela 6 - Classificação de solo quanto sua VIB .....	49
Tabela 7 - Quantitativo e orçamento de materiais necessários.....	56
Tabela 8 - Dados estatísticos obtidos do Gráfico 23 .....	73
Tabela 9 - Dados estatísticos obtidos do Gráfico 24 .....	74

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Faixa etária dos moradores do bairro Promorar .....	40
Gráfico 2 - Número de moradores por domicílio.....	41
Gráfico 3 - Situação do domicílio.....	42
Gráfico 4 - Renda mensal dos moradores por residência .....	43
Gráfico 5 - Grau de escolaridade dos moradores.....	43
Gráfico 6 - Faixa etária dos moradores .....	44
Gráfico 7 - Cursos d'água malcheirosos nas proximidades na visão dos moradores	45
Gráfico 8 - Esgoto a céu aberto nas proximidades na visão dos moradores .....	45
Gráfico 9 - Velocidade de Infiltração (Vi).....	48
Gráfico 10 - Número de pessoas que contribuem para a renda familiar .....	66
Gráfico 11 - Pessoas que recebem benefício financeiro do governo .....	66
Gráfico 12 - Índice de frequência ao ensino dos moradores .....	67
Gráfico 13 - Proximidade de lixões na percepção dos moradores .....	67
Gráfico 14 - Iluminação da rua na visão dos moradores .....	68
Gráfico 15 - Segurança da rua na visão dos moradores .....	68
Gráfico 16 - Tipo de construção .....	69
Gráfico 17 - Visão dos moradores sobre a falta de água na sua residência .....	69
Gráfico 18 - Água para beber em casa .....	70
Gráfico 19 - Ocorrência de inundações nas proximidades .....	70
Gráfico 20 - Rua com capacidade de drenagem.....	71
Gráfico 21 - Possibilidade de locomoção na rua após ocorrência de chuvas .....	71
Gráfico 22 - Lixo/entulho em terrenos próximos.....	72
Gráfico 23 - Disposição do lixo.....	72
Gráfico 24 - Presença de cães como animais domésticos.....	73
Gráfico 25 - Presença de gatos como animais domésticos.....	73
Gráfico 26 - Ocorrência de doenças domiciliares.....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia  
CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento  
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem  
DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgotos  
DQO – Demanda Química de Oxigênio  
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto  
FA – Filtro Anaeróbio  
FUNASA - Fundação Nacional de Saúde  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
NBR – Norma Brasileira  
SINAPI – Sistema de Preços Custos e Índice  
SS - Sólidos Sedimentáveis  
SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento  
SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento  
UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa  
VIB – Velocidade de Infiltração Básica

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Histórico dos sistemas coletores de esgotos .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Efluentes domésticos .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Sistema individual de tratamento de esgoto .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4 Níveis de tratamento de efluentes .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.1 Tratamento primário.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.2 Tratamento secundário.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.3 Tratamento terciário.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5 Sistemas Individuais de tratamento de esgotos domésticos.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.1 Tratamento primário através de fossa séptica .....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.1.1 Tipos de tanques sépticos .....</b>	<b>25</b>
<b>2.5.1.2 Eficiência das fossas sépticas.....</b>	<b>26</b>
<b>2.5.2 Tratamento secundário através de filtros anaeróbios .....</b>	<b>26</b>
<b>2.5.2.1 Meio suporte do filtro anaeróbio.....</b>	<b>27</b>
<b>2.5.2.2 Uso de bambu como meio suporte.....</b>	<b>29</b>
<b>2.5.3 Tratamento terciário através de sumidouro.....</b>	<b>31</b>
<b>2.5.3.1 Uso de pneus na construção de fossa sumidouro.....</b>	<b>33</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1 Delimitação da área de estudo .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2 Materiais e métodos .....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.1 Caracterização da área de estudo.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.2 Verificação da disponibilidade de materiais alternativos no município de Alegrete, para o uso do mesmo na construção do sistema individual de tratamento de efluentes .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.3 Caracterização do solo da área de estudo .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.3.1 Capacidade de infiltração.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2.3.2 Categoria de escavação .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2.3.3 Nível do lençol freático.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2.4 Definição do sistema de tratamento de esgotos domésticos individual a ser proposto .....</b>	<b>39</b>

<b>3.2.5 Quantificação de custos de materiais necessários para a instalação do sistema proposto .....</b>	<b>39</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1 Dados censitários do Bairro Promorar.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2 Resultados da pesquisa estruturada na área de estudo .....</b>	<b>41</b>
<b>4.3 Resultados da caracterização do solo da área de estudo .....</b>	<b>47</b>
<b>4.4 Sistema proposto e modo de execução .....</b>	<b>51</b>
<b>4.5 Quantitativos e custo dos materiais necessários para a implantação do sistema.....</b>	<b>56</b>
<b>5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>63</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>66</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A disposição de esgotos brutos no solo ou em corpos receptores naturais, como lagos, rios, oceanos, consiste em uma alternativa ainda empregada de forma muito intensa. Esta conjuntura vem agravando problemas de saúde pública e ambiental e sua melhoria depende, em grande parte, do desenvolvimento de sistemas de tratamento simples, eficientes e adaptáveis às condições econômicas e estruturais das cidades.

Segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (SNIS/SNSA, 2014), 52,6% dos esgotos gerados no país são coletados e somente 29,4% são de alguma forma tratados. Estes indicadores demonstram a clareza da precária situação do país em relação ao saneamento ambiental.

Conforme dados constantes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a abrangência dos serviços de saneamento básico no país ainda é caracterizada por desigualdades regionais, sendo a Região Norte, seguida da Região Nordeste, as que apresentam níveis mais baixos de atendimento. Em consequência disso, os municípios localizados nestas regiões são marcados por elevados índices de doenças relacionadas à inexistência ou ineficiência de serviços de saneamento básico (FUNASA, 2009).

Um dos grandes desafios consiste em melhorar essa situação por meio da utilização de sistemas de tratamento, que sejam razoavelmente eficientes, e apresentem baixo custo. Existem processos anaeróbios e aeróbios para tratamento de esgotos, cada um apresentando vantagens e desvantagens no que se refere a custos de construção, operação e manutenção. Essas vantagens e desvantagens vão depender das condições específicas do local e do nível de tratamento necessário (VALLEJOS, 1997).

A utilização de tecnologia convencional em esgotamento sanitário tem custo elevado, dificultando ou mesmo impedindo o atendimento às áreas de população de baixa renda. Notadamente, no Brasil, grande parte da população urbana não dispõe de sistema de esgotamento sanitário, tendo como consequência o agravamento da situação sanitária do país. Desta forma, há necessidade de se conceber sistemas de esgotamento sanitário com tecnologias apropriadas, ou seja, que se adaptem às características locais, reduzindo custos sem prejuízo de sua eficácia.

O projeto de pesquisa/ ensino/ extensão 'Práticas Acadêmicas Integradas', realizado na Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, no ano de 2014, serviu de base para a escolha desse tema, pois, nele, ficou constatado problemas relacionados à disposição de efluentes domésticos do município de Alegrete, especificamente no bairro Promorar, na rua Mário Sabóia Bandeira de Melo. A localidade estudada não dispõe de sistema de coleta de esgoto, sendo que poucos domicílios possuem fossa séptica. Grande parte dos domicílios lança o esgoto cloacal diretamente na drenagem pluvial, ou a céu aberto, na sarjeta, que por sua vez é conduzido ao rio Ibirapuitã, ocasionando problemas biológicos e ambientais.

Além disso, é dever de cada morador fazer com que o esgoto cloacal de sua residência seja disposto de forma correta, entretanto, a renda dos moradores gira em torno de um salário mínimo, o que tornava inacessível o sistema convencional devido seu custo elevado.

Sendo assim, o principal objetivo deste trabalho consiste em identificar soluções alternativas para a disposição de efluentes domésticos em habitações populares, que impliquem numa diminuição dos custos quando comparado aos métodos convencionais, de forma a simplificar sua execução e otimizar sua eficiência, para que então torne-se acessível a moradores de regiões periféricas com baixa renda per capita, com o intuito de sanar ou minimizar os problemas causados pela falta de saneamento adequado.

Para atender o objetivo geral, de forma específica, primeiramente foi efetuado um diagnóstico da área de estudo e respectivo entorno, no que se refere as condições socioeconômicas e de saneamento dos domicílios. Posteriormente, foi caracterizado o solo da área de estudo, quanto a capacidade de infiltração, classificação quanto à categoria de escavação e determinação do nível do lençol freático, além da busca por materiais alternativos e orçamento para a construção do sistema coletor indicado aos moradores da rua Mário Sabóia Bandeira de Melo, situada no bairro Promorar, do município de Alegrete.

Numa etapa final, foi realizada uma análise comparativa entre os métodos convencionais e soluções alternativas para a disposição dos efluentes domésticos, indicando as suas principais vantagens e desvantagens.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Histórico dos sistemas coletores de esgotos

Sanear vem do latim *sanu*: tornar saudável, tornar habitável, higienizar, limpar. Saneamento é o conjunto de medidas para preservar as condições do meio ambiente, prevenir doenças e melhorar as condições de saúde pública. As principais atividades estão ligadas à coleta e ao tratamento dos resíduos produzidos pelo homem, como esgoto e lixo, tornando-os inofensivos a saúde (ROSALIE, 2010).

No século XIX, a distribuição de água encanada e das peças sanitárias com descarga hídrica, fizeram com que a água passasse a ser utilizada com uma nova finalidade: apartar propositalmente dejetos e outras sujeiras indesejáveis ao ambiente de vivência. Estas instalações provocam a saturação das fossas, contaminando as ruas e o lençol freático. As evoluções dos conhecimentos científicos, principalmente na área da saúde pública, tornaram imprescindível a necessidade de canalizar as vazões de esgoto de origem doméstica. Assim, a solução do problema foi canalizar, obrigatoriamente, os efluentes domésticos e industriais para as galerias de águas pluviais existentes, originando, assim, o denominado Sistema Unitário de Esgotos, onde todos os esgotos eram reunidos em uma só canalização e lançados nos rios e lagos receptores (MUMFORD, 1998).

No final do século XIX, a construção dos sistemas unitários propagou-se pelas principais cidades do mundo, naquela época, entre elas, Londres, Paris, Amsterdam, Hamburgo, Viena, Chicago e Buenos Aires. Porém, nas cidades situadas em regiões tropicais e equatoriais, com índice pluviométrico muito superior, a adoção de sistemas unitários tornou-se inviável devido ao elevado custo das obras, pois a construção das avantajadas galerias transportadoras das vazões máximas contrapunham-se às desfavoráveis condições econômicas, características dos países situados nestas faixas do globo terrestre (FERNANDES, 2000).

No entanto, a evolução tecnológica nas nações mais adiantadas, como a Inglaterra, por exemplo, e a necessidade do intercâmbio comercial, forçavam a instalação de medidas sanitárias eficientes, pois a proliferação de pestes e doenças contagiosas em cidades desprovidas dessas iniciativas propiciavam, logicamente, aos seus visitantes os mesmos riscos de contaminação, gerando insegurança e implicando, portanto, que os navios comerciais da época retirassem seus portos de

suas rotas marítimas, temendo contaminação da tripulação e, conseqüentemente, causando prejuízos constantes às nações mais pobres e dependentes do comércio internacional. No Brasil relacionavam-se nesta situação, notadamente, os portos do Rio de Janeiro e Santos (FERNANDES, 2000).

Segundo Fernandes (2000), temendo os efeitos deste desastre econômico, o imperador D. Pedro II contratou os ingleses para elaborarem e implantarem sistemas de esgotamento para o Rio de Janeiro e São Paulo, na época, as principais cidades brasileiras. Ao estudarem a situação, os projetistas depararam-se com situações peculiares e diferentes das encontradas na Europa, principalmente as condições climáticas e a urbanização. Após criteriosos estudos e justificativas, foi adotado, na ocasião, um inédito sistema no qual eram coletadas e conduzidas às galerias, além das águas residuárias domésticas, apenas as vazões pluviais provenientes das áreas pavimentadas exteriores aos lotes. Criava-se, então, o Sistema Misto ou Separador Parcial, cujo objetivo básico era reduzir os custos de implantação e, conseqüentemente, as tarifas a serem pagas pelos usuários.

## **2.2 Efluentes domésticos**

A palavra esgoto costuma ser usada para definir tanto a tubulação condutora das águas servidas de uma comunidade, como também o próprio líquido que flui por estas canalizações. Atualmente este termo é usado quase que apenas para caracterizar os despejos provenientes das diversas modalidades do uso e da origem das águas, tais como as de uso doméstico, comercial, industrial, as de utilidades públicas, de áreas agrícolas, de superfície, de infiltrações, pluviais, e outros efluentes sanitários (JORDÃO; PESSOA, 1995).

O tipicamente doméstico compõe-se basicamente de resíduos gerados pelo homem (fezes e urina), papel, restos de comida, sabão e águas de lavagem. O esgoto fresco é cinza, turvo e com pouco, mas desagradável, odor. Contém muitos sólidos flutuantes: grandes (fezes, plásticos, pedaços de pano, pedaços de madeira), pequenos (papéis, grãos, etc.) e microscópicos (matéria coloidal). Em climas quentes, o esgoto perde rapidamente o oxigênio dissolvido, tornando-se séptico. Este tem um odor mais forte, devido à presença de gás sulfídrico (JORDÃO; PESSOA, 1995).

Os baixos níveis de atendimento à população brasileira com serviços de saneamento básico, sobretudo coleta e tratamento de esgotos domésticos, se devem

principalmente a problemas de ordem política e econômica, pois há grande avanço tecnológico. Esse quadro permite prever que soluções individuais para o destino dos esgotos serão ainda amplamente adotadas (ÁVILA, 2005).

De acordo com dados do IBGE, a oferta de serviços de saneamento básico em áreas urbanas no Brasil aumentou significativamente nas últimas décadas, como se observa na Tabela 1

Tabela 1 - Evolução da cobertura dos serviços de abastecimento de água e coleta de esgotos no Brasil (%)

SERVIÇO	DOMICÍLIOS	ANO					
		1960	1970	1980	1990	2000	2010
Abastecimento de Água %	Urbanos	41,8	60,5	79,2	86,3	89,8	91,9
Esgotamento Sanitário %	Urbanos	26	22,2	37	47,9	56	58,9

Fonte: IBGE, Censos Demográficos 1960, 1970, 1980, 1990, 2000 e 2010

De acordo com a Tabela 1, no período de 1960 para 2010, a porcentagem de domicílios urbanos atendidos pela rede de distribuição de água e pela coleta de esgotos cresceu mais do que o dobro. Apesar do crescimento da cobertura dos serviços de água e esgoto, ainda persistem populações não atendidas, principalmente as de baixa renda, habitantes das periferias das grandes cidades, nos municípios menores e nas áreas rurais.

Esta conjuntura agrava os problemas de saúde pública e ambiental e sua melhoria depende, em grande parte, do desenvolvimento de sistemas de tratamento simples, eficientes e adaptáveis às condições econômicas e estruturais das cidades (TONETTI et al., 2005).

A adoção de soluções funcionalmente simples e, por conseguinte, com alta relação benefício/ custo pode revelar-se vantajosa. Diante das condições ambientais, culturais e econômicas do Brasil, estas soluções são as que utilizam os processos menos mecanizados e reatores mais fáceis de serem construídos e operados (ÁVILA, 2005).

Segundo Chernicharo e Von Sperling (1996), entende-se por simplicidade o emprego de métodos naturais menos mecanizados e com baixo custo de construção e operação, além de viáveis e sustentáveis.

Com a construção do sistema de tratamento de esgoto em uma comunidade procura-se atingir vários objetivos. Dentre eles, a melhoria das condições sanitárias locais, a conservação dos recursos hídricos naturais, a eliminação dos focos de poluição e contaminação e a redução de doenças ocasionadas pela água contaminada por dejetos (BARROS et al., 1995).

### **2.3 Sistema individual de tratamento de esgoto**

Os sistemas individuais são adotados normalmente para o atendimento unifamiliar e é constituído por uma fossa séptica e um dispositivo de infiltração no solo que poderá ser um poço negro (sumidouro) ou outro dispositivo de irrigação sub superficial (ALOCHIO, 2007).

Para que estes sistemas funcionem satisfatoriamente as habitações têm que ser esparsas (lotes grandes com elevada percentagem de área livre), o solo deverá apresentar boas condições de infiltração, e o lençol freático deve estar em uma profundidade adequada para não haver risco de contaminação por microrganismos transmissores de doenças (PIRES, 2011).

Com relação à disposição dos esgotos domésticos, ou águas residuárias domésticas, são conhecidos dois sistemas: o público e o individual. O primeiro caracteriza-se pelo esgotamento das águas residuárias por tubulações da rede pública até uma estação de tratamento e/ou disposição sanitária segura; e o segundo é representado pela fossa séptica, que constitui o primeiro componente para disposição de águas residuárias domésticas, muito utilizado em locais onde não se dispõe de rede de esgotos (NASCIMENTO FILHO; ALELUITA, 2005).

Sistemas adotados para atendimento unifamiliar consistem no lançamento dos esgotos domésticos gerados em uma unidade habitacional, usualmente em fossa séptica, seguida de dispositivo de infiltração no solo. Tais sistemas podem funcionar satisfatória e economicamente se as habitações forem esparsas (grandes lotes com elevada percentagem de área livre e/ou em meio rural), se o solo apresentar boas condições de infiltração e, ainda, se o nível de água subterrânea encontrar-se a uma profundidade adequada, de forma a evitar o risco de contaminação por microrganismos transmissores de doenças (FUNASA, 2004).

A ação de saneamento executada por meio de soluções individuais não constitui serviço público, desde que o usuário não dependa de terceiros para operar

os serviços, e as ações e os serviços de saneamento básico de responsabilidade privada, incluindo o manejo de resíduos de responsabilidade do gerador (PIRES, 2011).

## **2.4 Níveis de tratamento de efluentes**

### **2.4.1 Tratamento primário**

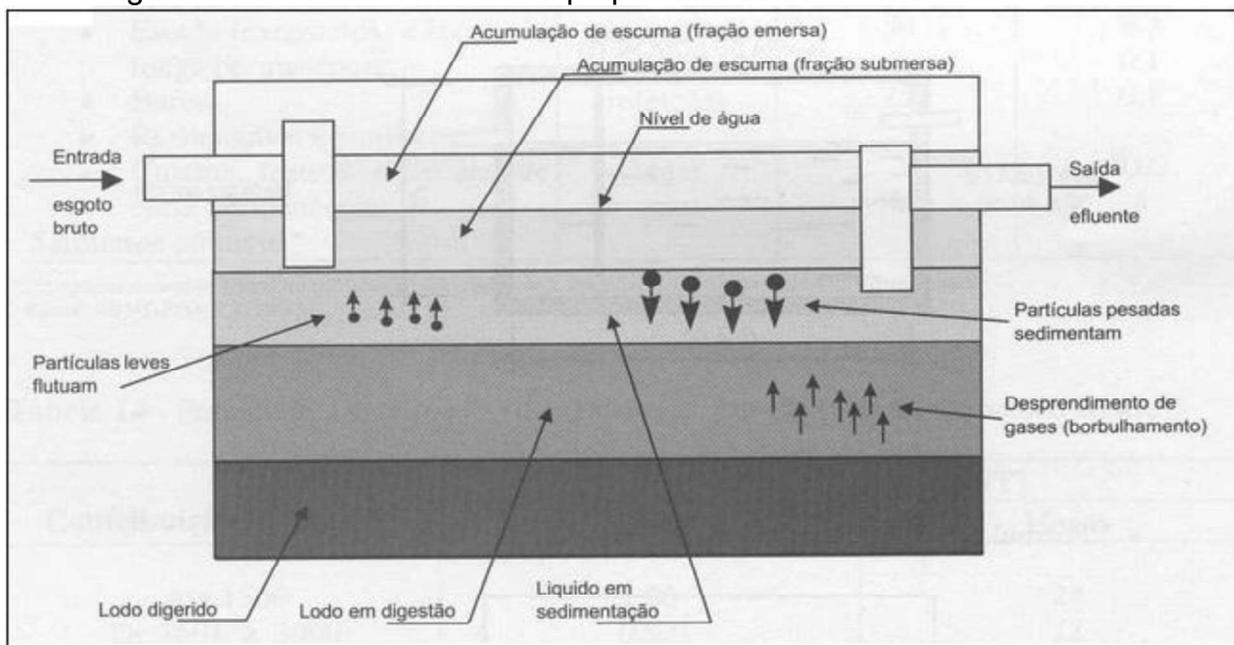
Segundo Metcalf e Eddy (2003), o tratamento primário contempla a remoção de sólidos suspensos e sedimentáveis e parte da matéria orgânica (principalmente óleos e graxas) presentes no efluente. Neste, cabem os seguintes processos: sedimentação, flotação, entre outros.

Inicialmente realiza-se uma decantação primária que tem como principal finalidade de separar os sólidos sedimentáveis presentes no esgoto que não foram retidos no pré tratamento. O equipamento utilizado é um sedimentador que gera duas correntes, a corrente de fundo que é rica em sólidos que segue para desaguar e digestão ou destinação final em aterro sanitário, e a corrente do topo que segue para tratamento secundário (VON SPERLING, 1996).

Decantação, flotação (substâncias mais leves que a água), geralmente bolhas de ar ou compostos químicos, digestão e secagem do lodo e sistemas compactos (decantação e digestão). A separação sólido-líquido por decantação centrífuga é semelhante a sedimentação por gravidade, as partículas são aceleradas por uma força centrífuga, maior que a aceleração da gravidade (PESSOA, 1995).

Segundo Pessoa (1995), a primeira fase de tratamento é designada por tratamento primário, pois a matéria poluente pode ser separada da água por sedimentação. Após o tratamento primário, a matéria poluente que permanece na água é de reduzida dimensão, normalmente constituída por pequenas partículas, não sendo por isso passível de ser removida por processos exclusivamente físico-químicos. Sendo necessária a inclusão de uma etapa biológica. A eficiência de um tratamento primário pode chegar a 60% ou mais, dependendo do tipo de unidade de tratamento e da operação da estação. São comuns: decantador primário, tanque imhoff ou fossa séptica. A Figura 1 apresenta o funcionamento do tratamento primário.

Figura 1 - Funcionamento da etapa primária de tratamento



Fonte: Adaptado de Metcalf e Eddy (1991, não paginado)

#### 2.4.2 Tratamento secundário

Neste tipo de tratamento predomina a etapa biológica, onde a remoção da matéria orgânica ocorre por reações bioquímicas realizadas pelos microrganismos. Geralmente consistem de filtro biológico ou variantes (METCALF; EDDY, 1991).

Segundo Jordão e Pessoa (1995), a intensa atividade biológica favorece o desenvolvimento de bactérias aeróbias, facultativas e anaeróbias, predominando as bactérias facultativas. Os fungos também estão presentes nos biofilmes e competem com as bactérias na degradação do substrato orgânico.

Pode-se dizer que o filtro anaeróbio representa um sistema de tratamento secundário e físico-biológico. É de grande utilidade em projetos que requerem um melhor grau de tratamento que o simples uso de tanque séptico seguido de infiltração no solo. É um tanque de forma cilíndrica ou prismática (seção retangular ou quadrada), com fundo falso, leito filtrante (material de preenchimento), destinado ao tratamento do efluente do tanque séptico, quando este exigir um tratamento adicional (PIRES, 2011).

Segundo Pires (2011), na etapa secundária, quando utilizado o filtro anaeróbio, precedido de tanque séptico, a remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) situa-se normalmente entre 40 e 75 %.

### **2.4.3 Tratamento terciário**

Normalmente, antes do lançamento final no corpo receptor, é necessário proceder à desinfecção das águas residuárias tratadas para a remoção dos microrganismos ou, em casos especiais, à remoção de determinados nutrientes, tais como o nitrogênio e fósforo, que podem potencializar, isoladamente e/ou em conjunto, a degradação dos corpos d'água. Essa etapa de remoção de microrganismos e nutrientes do esgoto chama-se tratamento terciário (MACINTYRE, 1996).

Sistemas de tratamento terciário compreendem atividades complementares ao tratamento secundário, como remoção de nutrientes, desinfecção e remoção de complexos orgânicos através de compostos químicos (PIRES, 2011).

## **2.5 Sistemas Individuais de tratamento de esgotos domésticos**

### **2.5.1 Tratamento primário através de fossa séptica**

As fossas sépticas são unidades de tratamento primário de esgoto doméstico nas quais são feitas a separação e a transformação físico-química da matéria sólida contida no esgoto. É uma maneira simples e barata de disposição dos esgotos indicada, sobretudo, para a zona rural ou residências isoladas. Todavia, o tratamento não é completo como numa Estação de Tratamento de Esgoto (PIRES, 2011).

Segundo Macintyre (1996), as fossas sépticas são uma estrutura complementar e necessária às moradias, sendo fundamentais no combate a doenças, verminoses e endemias (como a cólera), pois diminuem os lançamentos dos dejetos humanos diretamente em rios, lagos, nascente ou mesmo na superfície do solo. O seu uso é essencial para a melhoria das condições de higiene das populações rurais e de localidades não servidas por redes de coleta pública de esgotos.

Numa fossa séptica não ocorre a decomposição aeróbia e somente ocorre a decomposição anaeróbia devido à ausência quase total de oxigênio. As fossas sépticas não devem ficar muito perto das moradias (para evitar mau cheiros) nem muito longe (para evitar tubulações muito longas que exigem fossa mais profundas, devido ao caimento da tubulação). A distância recomendada é de cerca de 4 metros (CREDER, 1991).

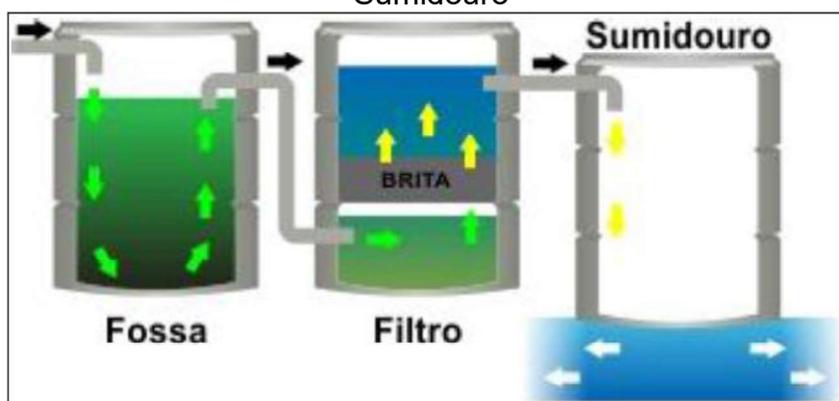
Elas devem ser construídas do lado do banheiro, para evitar curvas nas canalizações. Também devem ficar num nível mais baixo do terreno e longe de poços,

cisternas ou de qualquer outra fonte de captação de água (no mínimo trinta metros de distância), para evitar contaminações, no caso de eventual vazamento (PIRES, 2011).

O tamanho da fossa séptica depende do número de pessoas da moradia. Ela é dimensionada em função de um consumo médio calculado conforme o número de pessoas e condições de trabalho e residência por dia, tendo como base tabelas da NBR 7229 (ABNT, 1993).

Esta norma define a fossa séptica como uma unidade cilíndrica ou prismática de seção retangular de fluxo horizontal para o tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão. O efluente deste tanque deverá ser transportado para um filtro biológico, valas de filtração, valas de infiltração, sumidouro ou para a rede coletora de esgoto mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Demonstração de transporte de efluente no conjunto Fossa, Filtro e Sumidouro



Fonte: Tecnosab (2015, não paginado)

A fossa Séptica pode receber os dejetos de uma ou várias edificações, desde que sua capacidade seja compatível com a quantidade de pessoas que utilizam.

Sabe-se que aproximadamente 50 tipos de infecções podem ser transmitidos por diferentes caminhos envolvendo os excretas humanos. Associadas à má nutrição, as doenças relacionadas com as excretas exercem uma terrível influência na morbidade e mortalidade nos países em desenvolvimento, especialmente em crianças. Epidemias de febre tifoide, cólera, disenteria, hepatite infecciosa e inúmeros casos de Verminose são transmitidos pela disposição inadequada dos esgotos (NASCIMENTO FILHO; ALELUITA, 2005).

A fossa séptica pode ser definida como unidade de sedimentação e digestão anaeróbia, ou seja, com ausência de oxigênio, de escoamento contínuo. É projetada para ser construída com material estanque (à prova de água) para receber as águas residuárias. Para a fossa séptica devem ser encaminhados todos os despejos domésticos provenientes de cozinha, lavanderia domiciliares, lavatórios, bacias sanitárias, bidês, banheiros, mictórios (CHERNICHARO, 2001). A Figura 3 ilustra os componentes principais da fossa séptica.

Figura 3 - Principais componentes da fossa séptica



Fonte: Facis (2015, não paginado)

A velocidade de permanência do líquido na fossa permitem a separação da fração sólida do líquido, proporcionando a digestão limitada da matéria orgânica e acúmulo dos sólidos. Isso permite que o líquido, um pouco mais clarificado, seja destinado a outra etapa de tratamento (PIRES, 2011).

Sem dúvida o tratamento dos esgotos domésticos nas fossas sépticas quando praticado em áreas sem rede de esgoto pode oferecer níveis adequados de serviço para a disposição de excretas em pequenas comunidades, contudo, em grandes áreas urbanas, sob certas condições hidrogeológicas, várias fossas apresentam um risco de migração direta de bactérias, vírus e nutrientes para aquíferos subjacentes e

fontes vizinhas de águas subterrâneas. Com frequência, esse é o resultado da falta de espaço nas zonas densamente povoadas onde são construídos poços escavados ou tubulares particulares para substituir ou aumentar as fontes comunais de água (NASCIMENTO FILHO; ALELUITA, 2005).

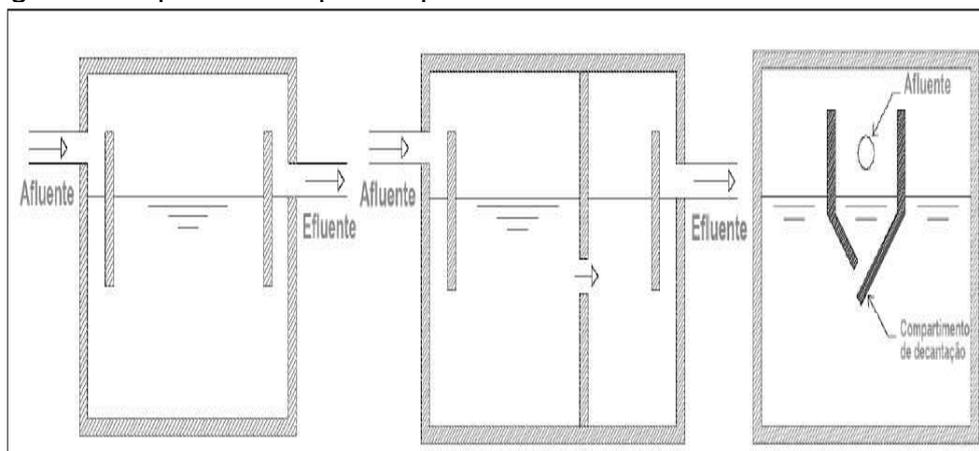
Segundo Nascimento Filho (2005), os compostos de nitrogênio residuais nos efluentes das fossas sépticas representam um perigo imediato para as águas subterrâneas, podendo causar problemas persistentes afetando grandes áreas. O nitrato é aquele que apresenta ocorrência mais generalizada e problemática, devido a sua alta mobilidade e estabilidade nos sistemas aeróbios das águas subterrâneas. Outra preocupação é que os nitratos possam estar acompanhados por alguns poluentes orgânicos sintéticos e metais pesados, como os cromatos.

### 2.5.1.1 Tipos de tanques sépticos

A NBR 7229 (ABNT,1993) - Projeto, construção e operação de tanques sépticos – supõe como opção de uso dos tanques sépticos em seções prismáticas (retangulares) e circulares. Também prevê a opção de operação em câmara única ou múltipla.

Chernicharo (1997) define três tipos de tanques sépticos: câmara única, câmaras em série e câmaras sobrepostas. Na Figura 4 são mostrados os três tipos de tanques sépticos normatizados pela NBR 7229 (ABNT, 1993).

Figura 4 - Tipos de tanques sépticos



Fonte: Adaptado de Chernicharo (1997)

Segundo Chernicharo (1997), o tanque sobreposto, no tanque séptico com câmaras sobrepostas, tem a função de favorecer a decantação dos sólidos sem a interferência dos gases gerados na digestão anaeróbia.

Andrade Neto et al. (2000) afirmam que um tanque de duas câmaras (em série) possibilita que o primeiro compartimento funcione melhor como um reator biológico, acumulando maior quantidade de lodo decantado.

### 2.5.1.2 Eficiência das fossas sépticas

A fossa séptica reduz a concentração dos sólidos sedimentáveis e a DBO, sendo que a eficiência de remoção destes pode ser ampliada pelo prolongamento do tempo de detenção. A Tabela 2 relaciona os resultados percentuais de remoção e/ou redução observados por Nascimento Filho (2005).

Tabela 2 - Eficiência das fossas sépticas

Parâmetro	% de remoção
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	40 a 60 %
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	30 a 60 %
Sólidos Sedimentáveis (SS)	85 a 95 %
Sólidos em Suspensão	50 a 70 %
Graxas e Gorduras	70 a 90 %
Nitrogênio Amoniacal	0 a 10 %
Nitrogênio Total	0 a 10 %
Coliformes totais	20 a 60 %

Fonte: Adaptado de Nascimento Filho (2005)

Como demonstra a Tabela 2, o efluente de uma fossa séptica, mesmo considerando-se os maiores índices de eficiência, ainda apresentam substâncias e organismos capazes de influenciarem na qualidade da água subterrânea.

### 2.5.2 Tratamento secundário através de filtros anaeróbios

Os filtros anaeróbios são reatores biológicos preenchidos com material inerte com elevado grau de vazios, que permanece estacionário, e onde se forma um leito de lodo biológico fixo. O material de enchimento serve como suporte para os

microrganismos, que formam películas ou um biofilme na sua superfície, propiciando alta retenção de biomassa no reator (ÁVILA, 2005).

Filtros anaeróbios podem ser utilizados para esgotos concentrados ou diluídos; resistem bem às variações de vazão afluyente; perdem pouco dos sólidos biológicos. Permitem várias opções de forma, sentido de fluxo e materiais de enchimento, e têm construção e operação muito simples (ANDRADE NETO et al., 2005).

De acordo com Chernicharo (2001), os filtros anaeróbios podem ter várias formas, configurações e dimensões, desde que se obtenha um fluxo bem distribuído através do leito. Os mais usuais têm fluxo ascendente ou descendente. Nos filtros de fluxo ascendente, o leito é necessariamente submerso (afogado). Os de fluxo descendente podem trabalhar afogados ou não.

Segundo Ávila (2005), o esgoto é depurado ao percolar por entre os interstícios do meio suporte, estando em contato com o lodo retido. Este é responsável pela conversão dos compostos orgânicos solúveis em produtos intermediários e finais.

Os efluentes dos filtros são, geralmente, conduzidos a um curso d'água, sumidouro, valas de filtração, filtros, entre outros. Isto torna obrigatória a inspeção periódica da qualidade desses efluentes e a manutenção dos filtros, através da troca do material filtrante (PIRES, 2011).

### **2.5.2.1 Meio suporte do filtro anaeróbio**

Os filtros anaeróbios são utilizados para o tratamento de esgotos pelo menos desde a década de 50, mas constituem ainda uma tecnologia em franco desenvolvimento. A busca de alternativas para o material de enchimento, que é responsável pela maior parcela dos custos e pelo volume, e o aperfeiçoamento de detalhes construtivos, incluindo o sentido do fluxo e a facilidade de remoção do lodo em excesso, são os aspectos que merecem maior atenção no desenvolvimento tecnológico dos filtros anaeróbios (CHERNICHARO, 2001).

De acordo com Ávila (2005), as finalidades do meio suporte são:

- permitir o acúmulo de grande quantidade de biomassa, com consequente aumento do tempo de detenção celular;
- melhorar o contato entre os constituintes do despejo afluyente e os sólidos biológicos contidos no reator;

- atuar como uma barreira física, evitando que os sólidos sejam carreados para fora do sistema de tratamento;
- ajudar a promover a uniformização do escoamento no reator.

O material mais utilizado para enchimento de filtros anaeróbios no Brasil é a pedra britada número 4, que é um material muito pesado e relativamente caro, devido ao custo da classificação granulométrica (ANDRADE NETO et al., 2005).

Entretanto, outros autores afirmam que o material sintético, atualmente, vem sendo o material mais utilizado para o enchimento do filtro. Este tipo de material ainda é considerado caro, quando comparado com novas tecnologias para preenchimento do filtro, como o bambu, por exemplo (PIRES, 2011).

Quando se usa material sintético para a fixação de matéria orgânica, os resultados são positivos em termos de purificação, mas esbarram no problema dos altos custos. Por este motivo, o uso de material sintético pode tornar-se mais difícil em países em desenvolvimento, pois, além do custo de aquisição, necessita-se de transporte (ANDRADE NETO et al., 2005).

Algumas pesquisas citadas por Andrade Neto (1997) indicam que a área específica do meio suporte tem pequena influência sobre o desempenho do filtro. Aumentando-se a área específica não haveria correspondente aumento de desempenho. O que realmente exerce influência no desempenho deste é a forma do meio suporte.

De acordo Campos et al. (1999), a altura da camada de meio filtrante tem pouca influência sobre a eficiência do filtro. Entretanto, operacionalmente a relação entre altura e área horizontal do filtro pode ser importante. Quanto maior a altura haverá maior dificuldade na remoção do lodo em excesso quando da limpeza do filtro.

A norma da NBR 13969 (ABNT, 1997) estabelece a altura do filtro anaeróbio em 1,20m, contando com o fundo falso. De acordo com Chernicharo et al. (2001), com base na experiência brasileira, vários autores recomendam a altura do meio suporte compreendida entre 0,8 e 3,0m. O limite superior da altura do meio suporte é mais adequado para reatores com menor risco de obstrução do leito. Um valor mais usual deve situar-se em torno de 1,5m.

Além das propriedades físicas citadas, o material deve ser quimicamente inerte, para que não haja reação com o esgoto. A Figura 5 ilustra os principais tipos de suporte para enchimento do filtro anaeróbio.

Figura 5 - Tipos de meios suporte utilizados em filtros biológicos percoladores



Fonte: Pereira (2005, p. 11)

Para fazer a seleção do meio suporte, deve-se levar em consideração a disponibilidade local de material adequado, seus custos de transporte e montagem e as propriedades físicas do material, como, peso unitário, o qual deve ser leve e estruturalmente resistente, elevada superfície de contato, alto índice de vazios e não apresentar formato achatado ou que propicie encaixe ou superposição (ÁVILA, 2005).

### 2.5.2.2 Uso de bambu como meio suporte

A *Bambusa tuldoides* é uma planta arborescente de origem exótica, natural do sul da China, pertencente à família das gramíneas (chamada Gramineae ou Poaceae), sendo vulgarmente chamada de bambu. Essa família se subdivide na subfamília: *Bambusoideae* em dois tipos: a *Bambuseae* (os bambus chamados de lenhosos) e a *Olyrae* (os bambus chamados herbáceos) (LYMAN et al., 1981).

Lyman (1981) observa que os bambus podem alcançar de 10 metros a 15 metros de altura no sul do Brasil, formando densos agrupamentos arredondados.

Florescem somente após muitos anos de cultivo. Frequentemente cultivados para fins industriais ou como planta ornamental, sendo muito utilizada para cercas, quebra-ventos, cortinas de jardim, no fabrico de objetos de uso doméstico, instrumentos musicais, encanamentos rústicos na área rural, cobertura em parreiras, orquidários e viveiros de plantas.

O uso de bambu como meio suporte para filtros biológicos, foi estudado por Brito *et al.* (1997), no qual os autores destacam o potencial de utilização deste meio suporte. Os resultados, mesmo sendo preliminares, já indicavam o baixo custo de obtenção do recheio e construção dos reatores.

Como uma tecnologia alternativa para tratamento de esgoto em pequenas comunidades, o bambu, foi demonstrado em 1992 com sucesso, como recheio de reatores de leito fixo em escada de laboratório e em escala piloto (TRITT, 1993).

A Figura 6 ilustra como o bambu é aplicado no meio suporte, sendo disposto em gomos.

Figura 6 - Gomos de bambu como meio suporte



Fonte: Correa *et al.* (2010, p.12)

O bambu possui uma distribuição extensa (tropicais e subtropicais), seu crescimento é rápido e tem baixo custo no terceiro mundo, se comparado com materiais sintéticos. A razão de preço entre bambu e material sintético é quase 1:10 a 1:15, sem incluir o transporte (TRITT *et al.* 1993).

Costa Couto (1992) e Costa Couto e Figueiredo (1992), pesquisaram o filtro anaeróbico com meio de enchimento de bambu para tratamento de esgoto doméstico, em uma pesquisa desenvolvida na Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP. O

autor comparou o filtro anaeróbio com enchimento de bambu com um filtro preenchido com anéis de plásticos (“palm rings”) e outro filtro anaeróbio com britas número quatro. Na comparação dos filtros com diferentes meios de enchimento, as porcentagens de remoção DBO e DQO estiveram na faixa de 60 a 80% e a remoção de sólidos suspensos na faixa de 70 a 80% para os três filtros.

Contudo, o desempenho do filtro com anéis plásticos foi pouco superior ao apresentado pelos filtros operando com pedras e bambu, indicando o bom desempenho do filtro anaeróbio com meio suporte de bambu.

### **2.5.3 Tratamento terciário através de sumidouro**

Consistem em escavações, cilíndricas ou prismáticas, tendo as paredes revestidas por tijolos, pedras ou outros materiais. A disposição desses materiais deve ser tal que permita fácil infiltração do líquido no terreno. Os sumidouros têm a função de poços absorventes, recebendo os efluentes diretamente das fossas sépticas e permitindo sua infiltração no solo. Possuem vida útil longa, devido à facilidade de infiltração do líquido praticamente isento dos sólidos causadores da colmatção (PIRES, 2011).

Os sumidouros devem preservar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, mediante estrita observância das prescrições da NBR 7229 (ABNT, 1993). Não é recomendável a construção de fossas sumidouros em terrenos com lençol freático muito superficial (terrenos alagadiços) (CREDER, 1991).

Sua construção é realizada com revestimento em alvenaria de tijolos cerâmicos furados ou de tijolos comuns assentados com juntas livres, ou com anéis de concreto convenientemente furados para facilitar a infiltração nas paredes laterais do terreno. Recomenda-se revestir o fundo com brita, pedregulho, cascalho (MACINTYRE, 1996).

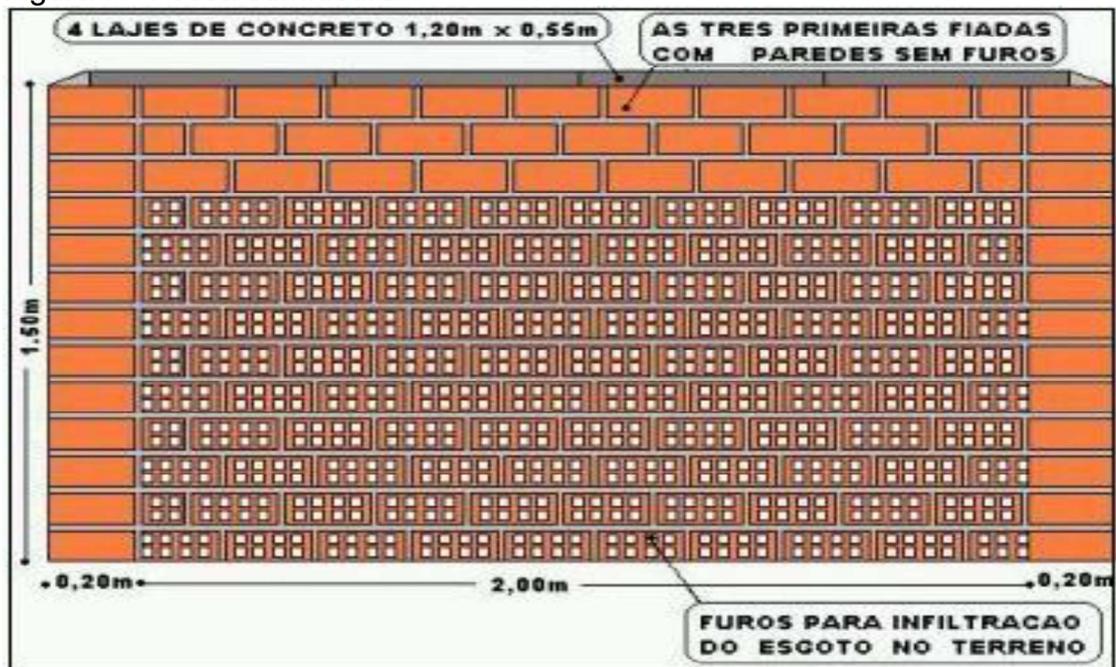
Segundo a NBR 13969 (ABNT, 1997), para se evitar que a elas tenham uma redução na sua vida útil, deve-se construí-lo obedecendo aos seguintes parâmetros:

- projetá-la usando os dados do teste de percolação do terreno e do volume útil do efluente do esgoto proveniente da fossa séptica ou diretamente do vaso sanitário.
- revestir suas paredes deixando furos ou espaços suficientes para facilitar a infiltração do líquido no terreno.

- as três primeiras fiadas de tijolos da parede, não devem conter furos ou espaços, para se evitar as enxurradas ocasionadas durante o período da chuva.
- sua profundidade máxima não deve ultrapassar 1,50m, quando o nível do lençol freático ficar a menos de 3 metros.
- as suas lajes de cobertura deverão ficar ao nível do terreno, construídas em concreto armado com dimensões que facilite a sua remoção quando da necessidade de uma limpeza. Devendo ser lacradas com argamassa.

A Figura 7 ilustra a construção de uma fossa sumidouro.

Figura 7 - Fossa sumidouro



Fonte: Adaptado de saneamento (2005-2015, não paginado)

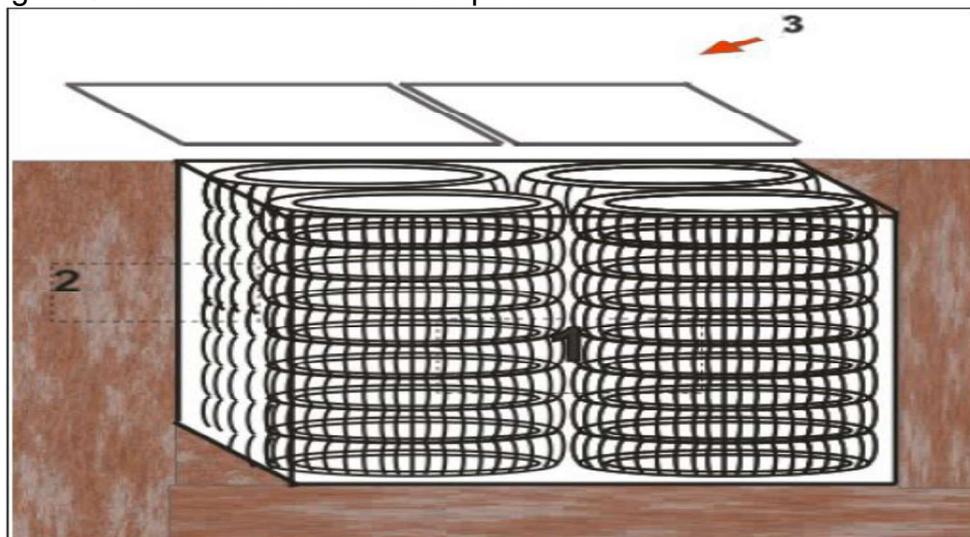
É prática errada a construção de fossas sumidouros com as paredes totalmente impermeabilizadas, pensando em se evitar a penetração da água de chuva no seu interior. Devemos salientar que a elevação do nível líquido da fossa é ocasionada pela redução da capacidade de absorção do solo quando ocorre colmatação dos crivos das paredes laterais ou pela subida do nível do lençol freático quando da saturação do terreno (PIRES, 2011).

### 2.5.3.1 Uso de pneus na construção de fossa sumidouro

A questão biológica é importante motivo de discussão, no que se refere a disposição de efluentes domésticos. Atualmente, visando minimizar este problema, surgiu a implantação de sumidouros ecológicos, que reaproveitam pneus, muitas das vezes inservíveis, na substituição dos tradicionais blocos cerâmicos, na construção das paredes do sumidouro convencional (GOUVEIA, 2012).

Neste caso, o sumidouro é modular, podendo ser adequado a dimensão volumétrica equivalente à do modo convencional. No caso da construção de uma fossa residencial, podem ser utilizados 4 tubos de drenagem, sendo compostos de oito pneus cada, totalizando trinta e dois pneus. Este esquema é apresentado na Figura 8. Cálculos realizados por profissionais que implantaram o sistema apontaram para uma economia na construção da fossa, variável de 50 a 60%, se comparado ao modo convencional, que usa blocos cerâmicos (SANEAMENTO, 2005-2015).

Figura 8 - Sumidouro com uso de pneus



Fonte: Adaptado de saneamento (2005-2015, não paginado)

A Figura 8 representa quatro tubos de drenagem (1) em uma seção no solo (2) com a finalidade de formarem um sumidouro para esgoto doméstico. Neste tipo de utilização, devem ser usadas tampas feitas de concreto (3) para evitar acidentes e vedar odores. A implantação do sumidouro ecológico possibilita maior durabilidade do serviço, além de manter um ambiente limpo e higiênico respeitando os padrões ambientais estabelecidos.

Esse método já vem sendo executado na região norte do país, na cidade de Santarém-PA, e vem obtendo resultados satisfatórios na disposição de efluentes domésticos em regiões mais carentes. Além disso, na região nordeste, o projeto RONDON também apontou para a necessidade de se encontrar novas alternativas na construção de sumidouros, neste projeto, se desenvolveu o sistema indicado, mantendo os padrões de qualidade, se comparado ao método convencional.

O uso do sumidouro ecológico surge como um bom meio econômico e principalmente de conservação ecológica. A reciclagem de pneus é um problema mundial que exige soluções que não agridam o meio ambiente (BIOSFERA, 2007).

Entretanto, deve se ressaltar que a legislação ambiental não permite esse tipo de construção e que a ABNT não regulamenta a construção de sumidouros com uso de pneus.

### 3 METODOLOGIA

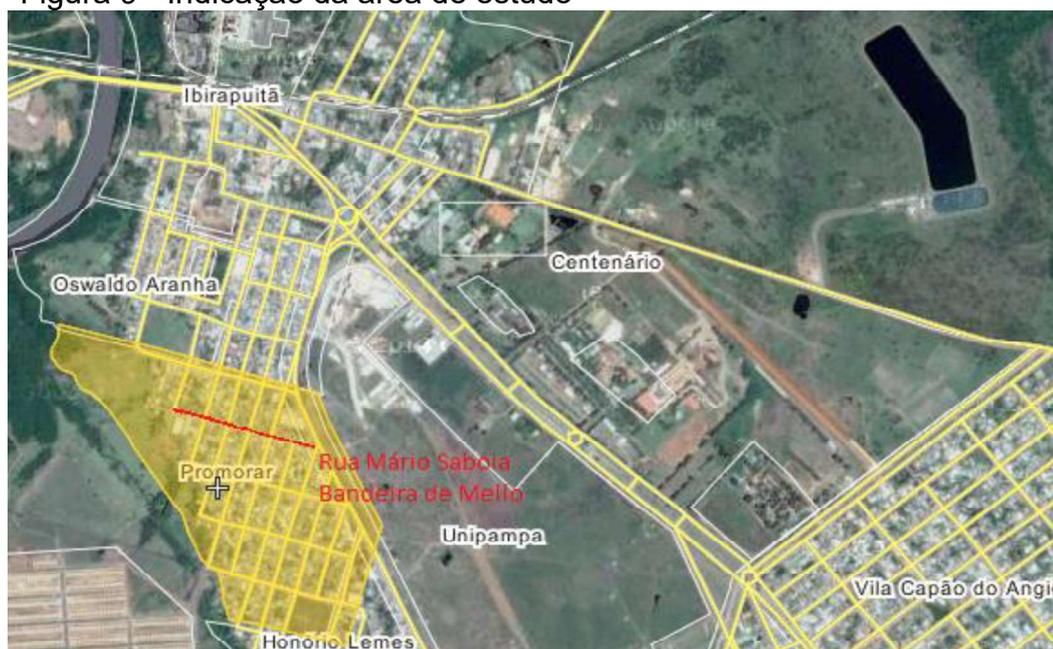
Tendo em vista as péssimas condições de saneamento verificadas em bairros desprovidos de rede coletora de esgotamento sanitário, pretende-se neste estudo apresentar soluções de tratamento de esgoto individual de baixo custo, destinado a moradias carentes. Para tanto, selecionou-se uma rua localizada na zona urbana do município de Alegrete/RS como área piloto.

O estudo tem como pretensão a utilização de materiais alternativos, que impliquem em um baixo custo, mantendo sua eficiência, para que sua execução se torne acessível aos moradores dessas regiões, pois, quando a rua é desprovida de rede coletora, se torna dever de cada morador fazer a destinação do esgoto de sua residência.

#### 3.1 Delimitação da área de estudo

A rua Mário Sabóia Bandeira de Mello, situada no bairro Promorar do município de Alegrete, foi escolhida como área de estudo, pois a mesma apresenta problemas relacionados a infraestrutura que são comuns em regiões onde o poder aquisitivo é extremamente baixo. A Figura 9 ilustra a indicação da área de estudo.

Figura 9 - Indicação da área de estudo



Fonte: Elaboração própria

Para maior detalhamento delimitou-se a área de estudo com base em imagem do Google Earth (Figura 10).

Figura 10 - Delimitação da área de estudo



Fonte: Elaboração própria

A região de estudo apresenta uma área de 7.156,13 m<sup>2</sup>, incluindo a rua Mário Sabóia Bandeira de Mello e suas adjacências, com o intuito de propiciar uma melhor análise crítica da área de estudo.

### **3.2 Materiais e métodos**

Para atender os objetivos propostos no presente estudo, foi utilizada a metodologia a seguir descrita:

#### **3.2.1 Caracterização da área de estudo**

Após a delimitação da região de estudo, procedeu-se a caracterização do bairro e, especificamente, da rua Mário Sabóia Bandeira de Mello, com o intuito de verificar a real situação quanto ao saneamento.

Nesta primeira etapa na metodologia de trabalho buscou-se dados censitários junto ao IBGE, com o intuito de caracterizar o bairro Promorar, uma vez que o IBGE só disponibiliza dados do censo, sobre o bairro em geral, não sendo possível caracterizar a rua de forma específica.

Para obter o cenário específico da área de estudo - rua Mário Sabóia Bandeira de Mello, foi estruturada uma pesquisa quantitativa, composta por um questionário (APÊNDICE A) aplicado junto aos moradores, contemplando as seguintes informações: dados socioeconômicos, infraestrutura da rua e domicílio, abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem, resíduos sólidos, vetores e dados sobre doenças domiciliares.

Antes da aplicação do questionário de pesquisa, houve uma reunião com membros do IBGE de Alegrete, onde os mesmos ajudaram na formulação de perguntas no questionário, e definiram o número de amostras, de forma que houvesse a distribuição uniforme das entrevistas na área de estudo.

Sendo assim, definiu-se que seriam necessárias 10 entrevistas por trecho (quadra) da área de estudos, para que os dados coletados apresentassem confiabilidade.

Posteriormente, foi efetuada uma análise comparativa entre os dados do bairro em geral, com os obtidos na pesquisa, a fim de verificar se os problemas existentes sobre o saneamento se aplicam em todo o bairro.

### **3.2.2 Verificação da disponibilidade de materiais alternativos no município de Alegrete, para o uso do mesmo na construção do sistema individual de tratamento de efluentes**

Esta verificação foi feita por meio de pesquisa em todo município de Alegrete, buscando informações com engenheiros, arquitetos, moradores, entre outros, que confirmaram a viabilidade de materiais alternativos indicados na bibliografia.

### **3.2.3 Caracterização do solo da área de estudo**

Os ensaios para a caracterização do solo foram feitos nos fundos da residência da senhora Jessi Prates da Silva, moradora da rua Mário Sabóia, no bairro Promorar do município de Alegrete/RS.

### 3.2.3.1 Capacidade de infiltração

Infiltração é o nome dado ao processo de passagem da água que chega à superfície do solo via precipitação, degelo ou irrigação, para seu interior, através dos poros. É importante conhecer esse fenômeno porque a taxa em que se dá essa infiltração, em relação ao suprimento de água, determina se haverá um volume excedente, que poderá escoar sobre a superfície.

A taxa de infiltração de água foi avaliada durante uma hora, utilizando cilíndricos concêntricos com carga variável, conforme a metodologia descrita por Forsythe (1975). Primeiramente limpou-se a superfície, após isso, posicionou-se os cilíndricos, colocando dentro deles água com uma lâmina de 10 cm, assim com o passar do tempo cronometrou-se a taxa de infiltração da água no solo.

Com base nos resultados, foi elaborado o gráfico da curva de infiltração *versus* tempo, a partir da qual foi obtido a capacidade de infiltração inicial ou máxima.

### 3.2.3.2 Categoria de escavação

A categoria de escavação apresentada por um solo é de extrema importância, quando considerado o aspecto econômico, tendo em vista a grande variabilidade nos custos em função da maior ou menor facilidade de escavação. Desta forma, procedeu-se a categorização dos solos da área de estudo, onde foram coletadas amostras, através da utilização de trado, em diferentes locais, espaçados em função da variabilidade do relevo da área de estudo.

Segundo o DNER-ES-T 03-70, os solos são enquadrados, dentro de 3 categorias, conforme a seguir:

- a) Materiais de 1ª categoria: São constituídos por solos em geral, rochas alteradas ou argila, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior a 15 cm, independente do teor de umidade e, que podem ser escavados com auxílio de equipamentos comuns: trator de lâmina, “motoscaper”, pás-carregadeiras.
- b) Materiais de 2ª categoria: São os materiais removidos com os equipamentos já citados, mas que pela sua maior consistência exigem um desmonte prévio feito com escarificador ou emprego descontínuo de explosivos de baixa

potência. Consideram-se como inclusos nesta categoria os blocos de rocha de volume inferior a 2m<sup>3</sup> e os matacões ou blocos de diâmetro médio compreendido entre 15 cm e 1m.

- c) Materiais de 3ª categoria: São rochas com resistência à penetração mecânica superior ou igual à do granito e blocos de rocha e apresentam diâmetro médio superior a 1 m ou volume superior a 2m<sup>3</sup>. Apresentam elevada resistência mecânica e só podem ser tratados com o emprego exclusivo de explosivos de alta potência.

Com base nessas categorias, foi determinada a categoria de escavação da área de estudos por meio da granulometria do solo, visível a olho nu.

### **3.2.3.3 Nível do lençol freático**

A determinação do nível do lençol freático é imprescindível a qualquer obra de engenharia para evitar a contaminação do leito. Primeiramente limpou-se a superfície do terreno, depois disso, com o trado manual perfurou-se o solo até uma profundidade de 1,4 m (profundidade que o sistema de tratamento necessita) para garantir que o sistema proposto de esgoto não contamine o leito.

### **3.2.4 Definição do sistema de tratamento de esgotos domésticos individual a ser proposto**

A definição do sistema de tratamento foi baseada nos itens 3.2.2 e 3.2.3 deste trabalho.

### **3.2.5 Quantificação de custos de materiais necessários para a instalação do sistema proposto**

A partir da definição do sistema proposto, fez-se o orçamento de custos para a implantação do sistema individual de tratamento de efluentes alternativo, seguindo os índices de preços estabelecidos na região de Alegrete.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Dados censitários do Bairro Promorar

A situação dos domicílios do bairro Promorar são apresentadas na Tabela 3, conforme dados do censo de 2010 do IBGE.

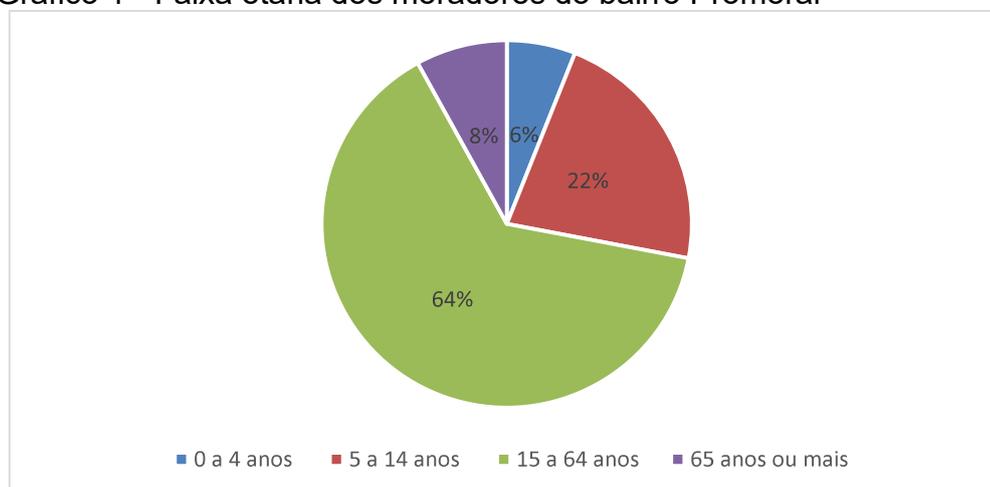
Tabela 3 - Dados sobre domicílios no bairro Promorar

Domicílios Particulares Permanentes	632
População Residente	1933
População Homens	922
População Mulheres	1011
Razão de Dependência Jovens	34,40%
Razão de Dependência Idosos	12,30%
Razão de Dependência Total	46,70%
Média de Moradores por Domicílio	3,2

Fonte: Adaptado do censo IBGE (2010)

De acordo com a Tabela 3, o bairro Promorar possui 1.933 habitantes, sendo 922 habitantes homens e 1.011 mulheres. Quanto à faixa etária do bairro, o Gráfico 1 apresenta a quantificação, agrupando em faixas de 0 a 4 anos, 5 a 14 anos, 15 a 64 anos e 65 anos ou mais.

Gráfico 1 - Faixa etária dos moradores do bairro Promorar



Fonte: Adaptado do Censo IBGE (2010)

## 4.2 Resultados da pesquisa estruturada na área de estudo

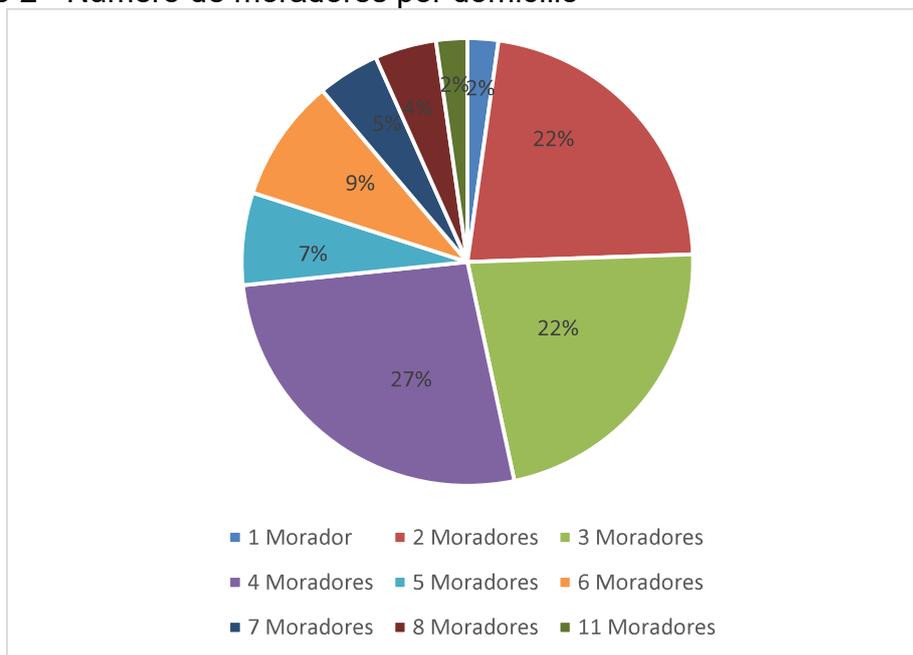
Considerando que o IBGE não levanta dados estatísticos de uma determinada rua, como já foi dito neste trabalho, foi elaborado um questionário (APÊNDICE A) para ser aplicado aos moradores da referida rua, a fim de se obter informações mais detalhadas sobre a área de estudo.

O questionário aplicado se deu por amostragem, com 10 entrevistas em cada uma das 12 quadras da área de estudos, totalizando 120 entrevistas realizadas nos dias 15, 16, 17, 22, 23 e 24 de outubro e 5, 6 e 7 de novembro de 2014.

Os resultados são apresentados a seguir:

- a) **Número de moradores por domicílio:** o Gráfico 2 e a Tabela 4 apresentam os resultados obtidos

Gráfico 2 - Número de moradores por domicílio



Fonte: Elaboração própria

Tabela 4 - Dados estatísticos obtidos do gráfico 2

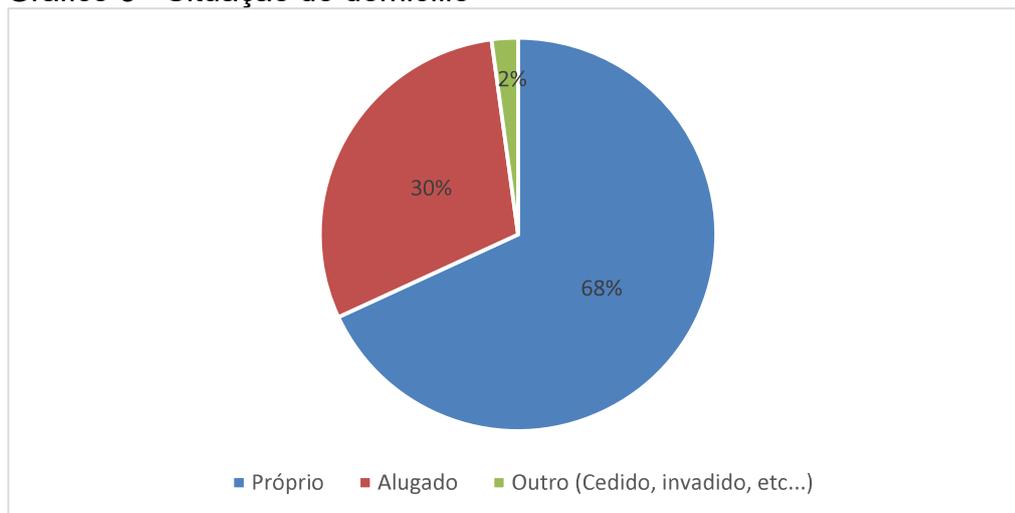
Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
4,09	4,20	1,02

Fonte: Elaboração própria

Com base no Gráfico 2 e Tabela 4, observa-se que a área de estudo - rua Mário Sabóia Bandeira de Mello, apresenta cerca de 4 moradores por domicílios, apesar de um alto desvio padrão. O coeficiente de variação demonstra a confiabilidade nos dados, pois, quanto mais próximo de 1, mais exatidão nos dados se obtém.

**b) Situação do domicílio:** o Gráfico 3 apresenta os resultados obtidos.

Gráfico 3 - Situação do domicílio

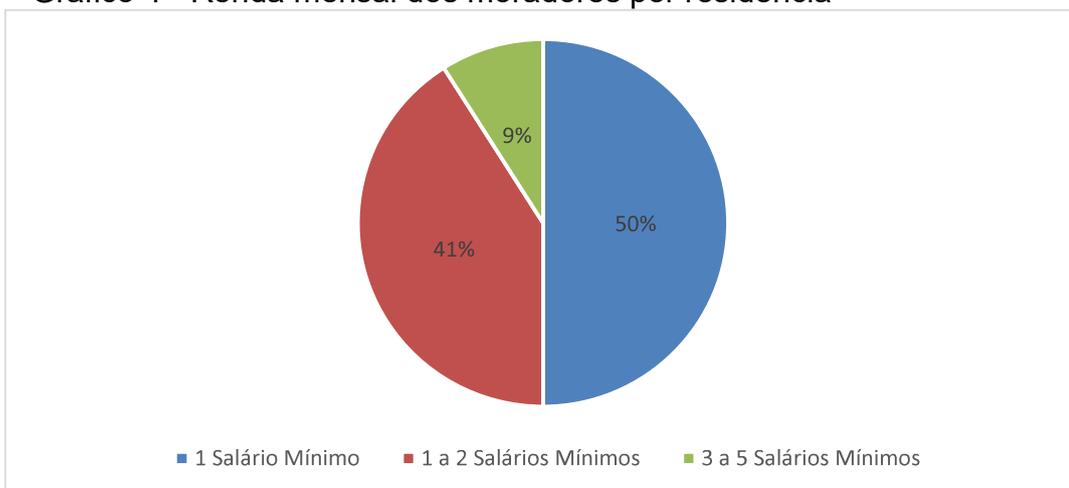


Fonte: Elaboração própria

Com base no Gráfico 3 observa-se que prevalece a situação de domicílio próprio (68%), seguido do alugado (30%) e, em menor proporção, cedido, invadido, etc.

**c) Dados socioeconômicos:** neste item abordou-se a questão salarial dos moradores da região, na qual se constatou o baixo poder aquisitivo dos mesmos. O Gráfico 4 apresenta os resultados obtidos.

Gráfico 4 - Renda mensal dos moradores por residência

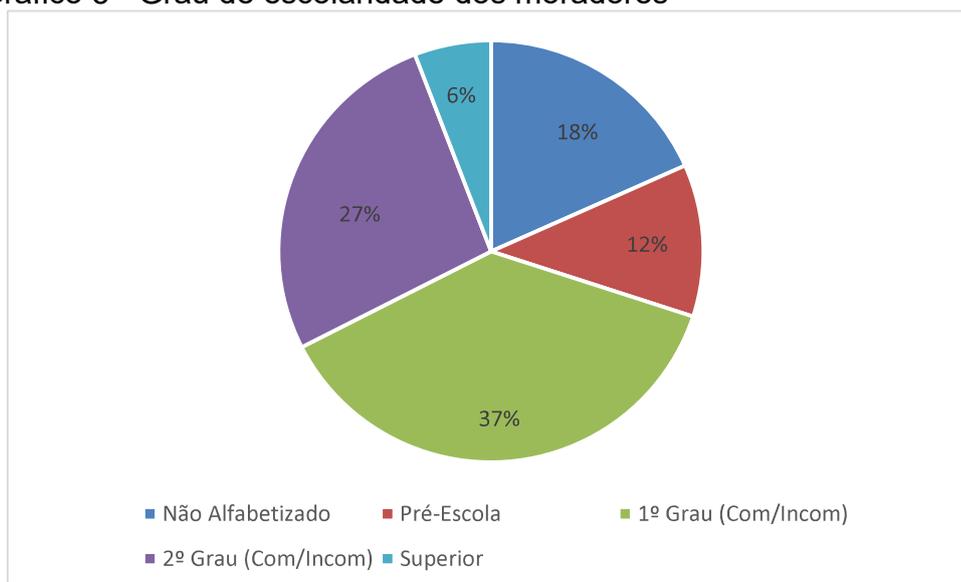


Fonte: Elaboração própria

Com a análise do Gráfico 4 é possível afirmar que a região em estudo é de extrema carência de recursos, pois a média de número de moradores por domicílio é de 4 pessoas, sendo que 50% das residências possui uma renda mensal total em torno de 1 salário mínimo.

**d) Nível de escolaridade:** os resultados estão dispostos no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Grau de escolaridade dos moradores

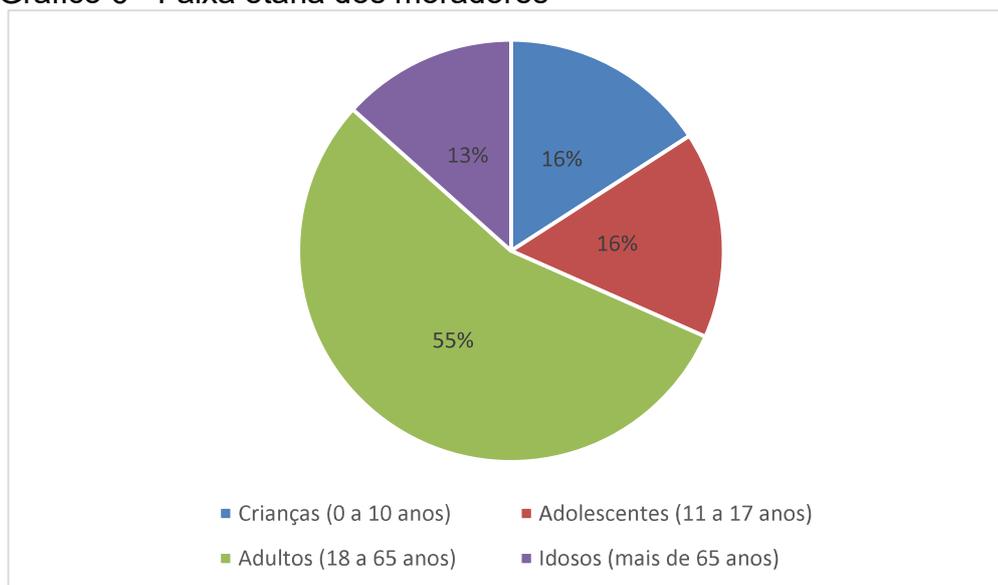


Fonte: Elaboração própria

Conforme mostrado no Gráfico 5, cerca de 37% da população da área de estudo possui apenas ensino fundamental, seguido por 27% com ensino médio, 18% não é alfabetizada, 12% possui apenas a pré-escola e, 6% com ensino superior.

**e) Faixa etária dos moradores:** com relação a faixa etária dos moradores da região, o Gráfico 6 apresenta os dados obtidos.

Gráfico 6 - Faixa etária dos moradores



Fonte: Elaboração própria

Observa-se no gráfico 6, que a maioria da população (55%) é composta por adultos (18 a 65 anos). É possível levantar diversas discussões sobre isto, como por exemplo: se a população da Rua Mário Sabóia Bandeira de Mello é composta na sua maioria por adultos, por que sua força de trabalho é tão pequena? Para responder a esta pergunta, é preciso olhar para os dados apresentados até então, pois, como mencionado antes, a população da área de estudo tem um baixo nível de escolaridade. A maioria dos moradores trabalham de forma autônoma, o que isso contribui diretamente para a baixa força de trabalho na questão salarial.

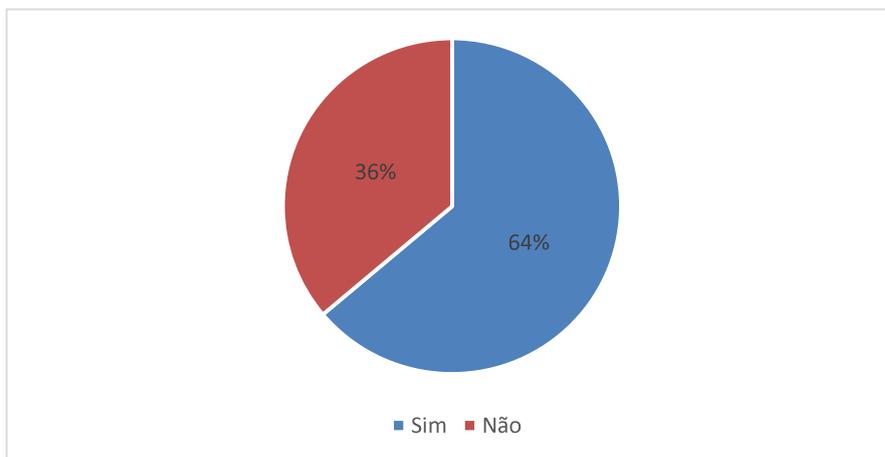
#### **f) Dados sobre o esgotamento sanitário na região de estudo**

Os serviços de esgotamento sanitário da zona urbana do município de Alegrete estão sob concessão da CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento).

Estima-se que cerca de 25% da cidade possua a cobertura dos serviços de coleta e tratamento de esgoto, sendo que a área de estudo ainda esta descoberta. A região central da cidade é a que apresenta a maior cobertura destes serviços.

Conforme revelado pela pesquisa, grande parte do esgoto doméstico da área de estudo é lançado diretamente no rio Ibirapuitã, que se localiza bem próximo da localidade. A fim de levantar discussões sobre o tema, perguntou-se aos entrevistados se, na percepção dos mesmos, existiam cursos d'água malcheirosos nas proximidades. O Gráfico 7 apresenta os resultados obtidos.

Gráfico 7 - Cursos d'água malcheirosos nas proximidades na visão dos moradores



Fonte: Elaboração própria

Verificou-se que a maioria dos entrevistados (64%) apontaram a presença de mal cheiro próximos à área de estudo. Esse fato abriu margem para formular a pergunta sobre esgoto a céu aberto na região. O Gráfico 8 apresenta os resultados.

Gráfico 8 - Esgoto a céu aberto nas proximidades na visão dos moradores



Fonte: Elaboração própria

Verificou-se que 74% dos entrevistados apontam a existência de esgoto a céu aberto nas proximidades. Este fato foi constatado na rua Plínio Brasil Milano, na qual o esgoto a céu aberto escoava em direção ao rio Ibirapuitã.

Embora a rua Plínio Brasil Milano não seja a via principal da área de estudos, faz parte da região analisada, pois os problemas que ocorrem na mesma rua afetam diretamente na qualidade de vida do bairro Promorar e, ainda mais os moradores das ruas próximas, que é o caso da rua Mário Sabóia Bandeira de Mello.

Os moradores da rua Plínio Brasil Milano relataram que, no período de verão, o mal cheiro ocasionado pelo esgoto a céu aberto é insuportável e que o mesmo já foi responsável por ocasionar doenças nos moradores da região. A Figura 11 ilustra o esgoto a céu aberto na rua Plínio Brasil Milano.

Figura 11 - Esgoto a céu aberto na rua Plínio Brasil Milano



Fonte: Elaboração própria

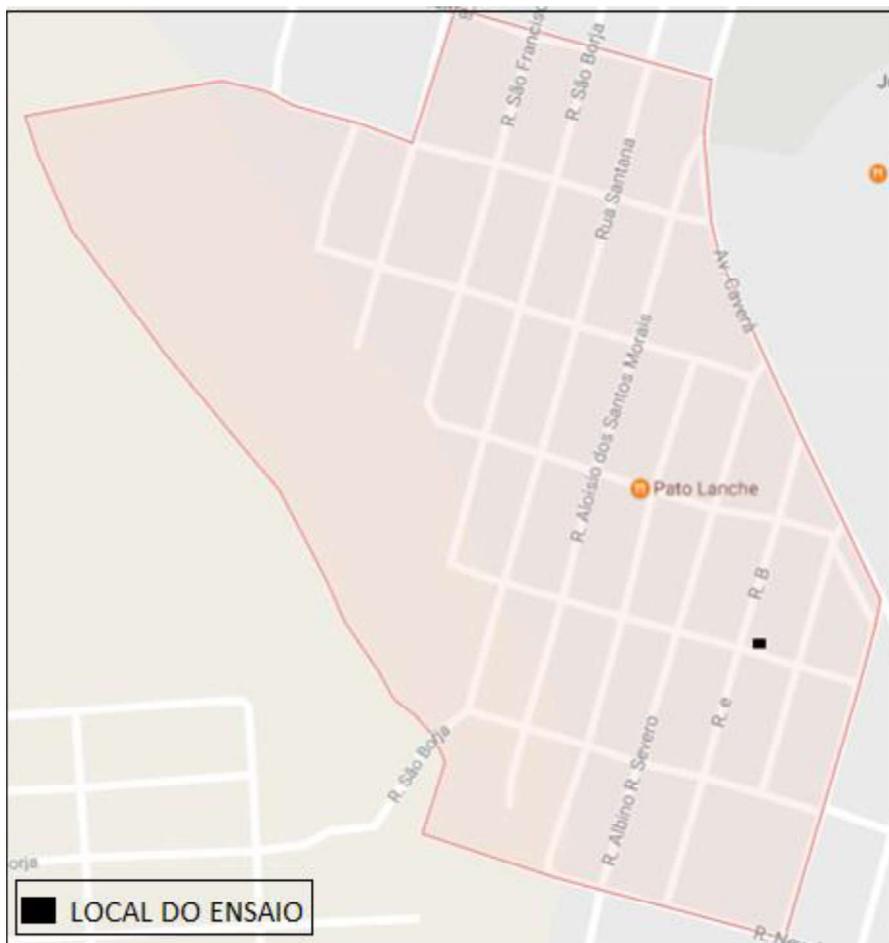
Os demais resultados da pesquisa estão dispostos no APÊNDICE B.

### 4.3 Resultados da caracterização do solo da área de estudo

#### a) Capacidade de infiltração

O ensaio foi realizado no dia 17 de setembro de 2016, no pátio de uma residência da área de estudo. A Figura 12 delimita o bairro Promorar e indica onde foi realizado o ensaio. Os resultados estão apresentados na Tabela 5.

Figura 12 - Local da realização do ensaio



Fonte: Autoria própria

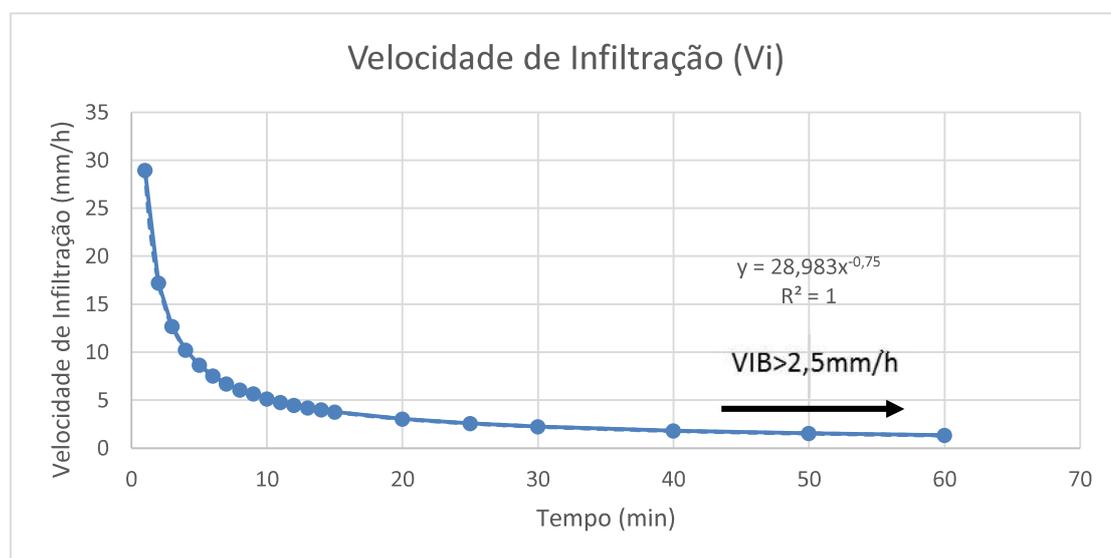
Tabela 5 - Resultados do ensaio de Infiltração

Tempo de Infiltração (min)	Nível de Água h (cm)	Lâmina Infiltrada Δh (cm)	Intervalo de Tempo Δt (min)	Taxa de Infiltração (Δh/Δt) x 60 (cm/h)	Lâmina Acumulada ΣΔh (cm)	Velocidade de Infiltração média Vi (cm/min)	Velocidade de Infiltração média Vi (mm/h)
0	10	0	0	0	0	0	0
1	9,9	0,1	1	6	0,2	0,05	28,95
2	9,8	0,1	1	6	0,3	0,02869	17,214
3	9,8	0	1	0	0,3	0,02117	12,702
4	9,8	0	1	0	0,3	0,01706	10,236
5	9,8	0	1	0	0,3	0,01443	8,658
6	9,8	0	1	0	0,3	0,01259	7,554
7	9,8	0	1	0	0,3	0,01121	6,726
8	9,8	0	1	0	0,3	0,01014	6,084
9	9,8	0	1	0	0,3	0,09286	5,671
10	9,8	0	1	0	0,3	0,0858	5,148
11	9,8	0	1	0	0,3	0,07988	4,793
12	9,8	0	1	0	0,3	0,07484	4,49
13	9,8	0	1	0	0,3	0,07048	4,229
14	9,7	0,1	1	6	0,4	0,06667	4
15	9,7	0	5	0	0,4	0,0633	3,798
20	9,6	0,1	5	1,2	0,5	0,05102	3,061
25	9,6	0	5	0	0,5	0,04316	2,589
30	9,6	0	10	0	0,5	0,03764	2,258
40	9,6	0	10	0	0,5	0,03034	1,82
50	9,6	0	10	0	0,6	0,02566	1,54
60	9,5	0,1	10	0,6	0,7	0,02238	1,343

Fonte: Elaboração própria

A partir dos dados obtidos na Tabela 5, montou-se o Gráfico 9, demonstrado a seguir.

Gráfico 9 - Velocidade de Infiltração (Vi)



Fonte: Elaboração própria

Com a análise do Gráfico 9, é possível observar que a velocidade de infiltração foi de 2,5 mm/h, isso corresponde a uma taxa de infiltração de 0,25 cm/h.

De acordo com o Cientec (2010), com esse resultado o solo analisado pode ser considerado de baixa taxa de infiltração, como mostra a Tabela 6, que classifica os solos quanto sua velocidade de infiltração básica (VIB).

Tabela 6 - Classificação de solo quanto sua VIB

<b>Tipos de Solo</b>	<b>VIB (cm/h)</b>
Solo de VIB Muito Alta	> 3,0
Solo de VIB Alta	1,5 - 3,0
Solo de VIB Média	0,5 - 1,5
Solo de VIB Baixa	< 0,5

Fonte: Cientec (2010, não paginado)

Entretanto, não deve apresentar problemas ao sistema de tratamento, pois o volume gerado pelo sistema é consideravelmente pequeno (dimensionado para residências com até quatro pessoas), além disso, o mesmo possui filtros naturais, e irá demandar líquido com mais tempo para a infiltração.

#### **b) Categoria de escavação**

Considerando a classificação do DNER-ES-T 03-70, o solo analisado se enquadra em material de primeira categoria, pois os diâmetros do grão são menores que 15 cm, essa constatação pôde ser feita a olho nu.

#### **c) Nível do lençol freático**

O ensaio foi realizado no dia 31 de março de 2017, em uma residência da área de estudo, cujo o local está indicado na Figura 12. Com o trado manual, foi possível verificar que em uma profundidade de 1,4 metros o nível do lençol freático não foi alcançado, sendo então comprovado que o leito não será contaminado com a instalação de um sistema de tratamento de efluentes, pois estará consideravelmente acima do mesmo. As Figuras 13, 14 e 15 demonstram as etapas do ensaio.

Figura 13 - Escavação com trado manual



Fonte: Autoria própria

Figura 14 - Verificação da profundidade



Fonte: Autoria própria

Figura 15 - Medição da profundidade



Fonte: Autoria própria

#### **4.4 Sistema proposto e modo de execução**

A proposta deste trabalho, é construir um sistema individual de coleta de esgoto sustentável, ou seja, utilizando materiais descartáveis que prejudicariam o meio ambiente e empregando o mesmo para um fim que propicie melhorias na qualidade de vida da comunidade, dimensionado para atender uma residência de até quatro pessoas. Nesse sentido, a principal matéria prima do sistema sustentável será o pneu de caminhão, que servirá como fossa séptica e filtro anaeróbio.

O sistema irá funcionar em dois módulos, ligados diretamente no vaso sanitário e interligados com tubo PVC de 100 mm, que é o diâmetro mínimo especificado pela NBR 8160 para instalações de esgotos. Cada módulo com quatro pneus, que formam o volume necessário para atender a demanda de uso.

Dentro do primeiro módulo, o esgoto é decomposto pela ação das bactérias, a matéria orgânica se deposita no fundo e o líquido gerado segue para o segundo módulo, nele as bactérias continuam a atuar e removendo a matéria orgânica. A Figura 16 ilustra os dois módulos do sistema.

Figura 16 - Módulos do sistema indicado



Fonte: Adaptado de DMAE (2015, não paginado)

Quanto a instalação do sistema não deve ser muito distante da casa, evitando tubulações mais longas e nem muito perto por conta do mau cheiro, sendo assim estipulou-se como adequada uma distância de 4 metros.

Para montar os módulos deve-se perfurar os pneus nos pontos indicados na Figura 17, depois, deve-se aplicar a fita aluminizada entre os pneus para então parafusá-los. A manta deve ter a circunferência do pneu e sua finalidade é vedar os módulos para impedir qualquer tipo de vazamento.

Figura 17 - Pontos de perfuração para acoplamento dos pneus



Fonte: Adaptado de DMAE (2015, não paginado)

A partir daí, abre-se a vala que vai receber os módulos. Esta deve ter 1,4 metros de profundidade, largura de 1,5 metros e 3 metros de extensão, medidas estas, adotadas para suportar um volume gerado por uma residência de quatro moradores. A Figura 18 demonstra essa etapa.

Figura 18 - Valas que irão receber os módulos



Fonte: Adaptado de DMAE (2015, não paginado)

Para lacrar (ou vedar) os dois módulos, necessariamente será preciso de dois anéis e duas tampas, feitas de concreto armado. O anel deve ter diâmetro igual a circunferência dos pneus e altura de 14 cm, além disso, deve ter entrada e saída para

a tubulação de 100mm. As tampas devem ter o diâmetro igual a circunferência dos pneus e altura de 5 cm. A Figura 19 demonstra esse processo.

Figura 19 - Anéis e tampas do sistema



Fonte: Adaptado de DMAE (2015, não paginado)

Posteriormente, deve-se colocar os módulos nas valas, o fundo de cada módulo deve ser compactado para receber uma camada de 5 cm de concreto. A Figura 20 ilustra esse processo.

Figura 20 - Colocação e concretagem do piso dos módulos

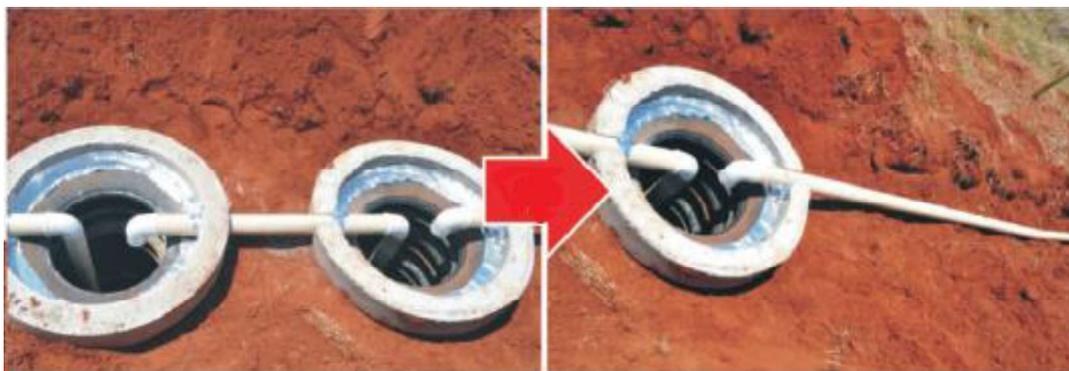


Fonte: Adaptado de DMAE (2015, não paginado)

A partir disso, as tubulações devem ser instaladas. No primeiro módulo a instalação da tubulação de PVC deve ser acompanhada de uma curva de 90° com profundidade de 90 cm. A tubulação de saída do primeiro módulo deve ser instalada com um joelho de 90° na sua extremidade. A tubulação que liga o primeiro módulo e o segundo é de 1,5 metros, desses, 20 cm avançam para o interior do segundo módulo e na sua extremidade, é instalado um joelho de 90° e um tubo com 90 cm de

profundidade. O tubo que servirá de sumidouro é colocado na saída do segundo módulo. A Figura 21 demonstra essa etapa.

Figura 21 - Colocação dos tubos de entrada e saída do sistema



Fonte: Adaptado de DMAE (2015, não paginado)

Após isso, deve-se preparar a vala que irá receber a tubulação que servirá como sumidouro, a vala deve ter uma pequena declividade que vai variar conforme o terreno. A tubulação do sumidouro será de 5 metros, sendo que nos últimos 2 metros deve se aplicar areia fina e brita 0, bem como fazer vários furos na tubulação para possibilitar a infiltração no solo. A Figura 22 demonstra essa etapa.

Figura 22 - Tubulação que infiltrará o líquido no solo



Fonte: Adaptado de DMAE (2015, não paginado)

Após isso, basta colocara as tampas de concreto nos módulos e ligar o primeiro módulo no vaso sanitário. A Figura 23 apresenta este processo.

Figura 23 - Colocação das tampas para vedação



Fonte: Adaptado de DMAE (2015, não paginado)

#### 4.5 Quantitativos e custo dos materiais necessários para a implantação do sistema

Os materiais necessários para a implementação do sistema, bem como os custos do mesmo, estão dispostos na tabela 7.

Tabela 7 - Quantitativo e orçamento de materiais necessários

Material	Unidade	Quantidade	Valor (R\$)
Pneu de Caminhão	Unid.	8	R\$ 0,00
Parafuso 5/8	Unid.	24	R\$ 81,36
Barra de aço ( $\phi$ 4.8 mm)	Metros	12	R\$ 24,00
Barra de aço ( $\phi$ 6 mm)	Metros	12	R\$ 30,00
Arruela 5/8 aba larga	Unid.	48	R\$ 19,20
Cimento	Saco	1,5	R\$ 62,00
Brita 0	Latas	6	R\$ 24,00
Areia Média	Latas	24	R\$ 72,00
Gomos de Bambú	Latas	6	R\$ 0,00
Fita Aluminizada	Metros	20	R\$ 18,60
Joelho PVC 100 mm 90°	Unid.	4	R\$ 19,60
Tubo PVC 100 mm	Unid.	3	R\$ 135,00
<b>Valor total</b>			<b>R\$ 485,76</b>

Fonte: Autoria própria

Observa-se que o custo total dos materiais para a implementação do sistema sustentável, que atende uma residência de até 4 pessoas, é de R\$ 485,76. Ou seja, o custo da implementação é a metade do valor que uma pessoa gastaria para fazer apenas a fossa séptica de forma convencional, sem a mão de obra inclusa. Além

disso, destacam-se como fatores positivos além da economia, a questão biológica e a facilidade na execução.

## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A problemática da falta de saneamento em regiões periféricas e áreas de difícil acesso é evidente em todo Brasil. O sistema de tratamento individual de esgoto cloacal com uso de pneus surge como uma ótima solução para minimizar essa situação. O sistema proposto é economicamente viável a regiões de baixo poder aquisitivo, pois suas principais matérias primas têm custo zero, o que diminuiu expressivamente o valor de materiais necessários para execução, quando comparado ao sistema convencional. Vale ressaltar que o sistema sustentável não precisa de mão de obra qualificada, o que diminui ainda mais o custo na implantação.

No que se refere a questão ambiental, o sistema de tratamento proposto é totalmente sustentável, utilizando materiais que seriam descartados na natureza, podendo causar inúmeros danos biológicos e demorando centenas de anos até se decompor. Outro fator importante é a facilidade na execução, não sendo necessário maquinário para escavação e até mesmo materiais que dificultariam a trabalhabilidade. Ou seja, o sistema pode ser implantado pelos próprios moradores da região.

Entretanto, deve se destacar como ponto negativo, que não há nenhum tipo de norma regulamentadora para a construção de esgotos sustentáveis, dificultando e as vezes até inibindo o incentivo para a construção do mesmo.

A respeito do funcionamento, pode-se esperar o mesmo nível de eficiência do sistema convencional, pois o sistema proposto irá trabalhar com o mesmo princípio: bactérias agindo no primeiro módulo, fazendo com que a matéria orgânica se deposite no fundo, e no segundo módulo, com o material de suporte fazendo a filtragem, espera-se que haverá uma remoção de cerca de 95% da matéria orgânica.

Como sugestões para trabalhos futuros, indicamos a instalação do sistema proposto, verificação do conteúdo de remoção de demanda bioquímica de oxigênio e de demanda química de oxigênio.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos – Unidades de Tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ANDRADE, Neto C. **Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

\_\_\_\_\_. **Filtros anaeróbios com fluxo ascendente e fluxo descendente**. v. 2, p.185-192. Natal, 2000.

ALOCHIO, L. H. A. **Direito do Saneamento: Introdução à lei de diretrizes nacionais de saneamento básico**. Salvador: Redae, 2007.

ÁVILA, R. O. **Avaliação do desempenho do sistema tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes meios suportes**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005.

BARROS, R. T. de V. et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. v. 2. Belo Horizonte: Segrac, 1995.

BIOSFERA, Instituto. **Reciclagem de Pneus**. Goiânia, 2007.

BRITO, E. R.; PINHO, P. S.; RIBEIRO, A. **Prolegômenos do filtro biológico de bambu**. Belo Horizonte: ABES, 1997.

CAMPOS, J. R. **Tratamento de Esgotos Sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

CIENTEC, Consultoria e Desenvolvimento de Sistema. **Irrigação Localizada**. Disponível em: <[http://www.cientec.net/cientec/InformacoesTecnicas\\_Irriga/Irigacao\\_Metolriga\\_Localizada.asp](http://www.cientec.net/cientec/InformacoesTecnicas_Irriga/Irigacao_Metolriga_Localizada.asp)>. Acesso em: 30 Maio 2017.

CHERNICHARO, C. A.; VON SPERLING, M. **Tendências no tratamento simplificado de águas residuárias, domésticas e industriais**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1996.

CHERNICHARO, C. A. DE LEMOS, **Pós Tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: FINEP, 2001.

CORREA, R. SOUZA; ISOLDI, A.; MIZETTE, C. OLIZ. **Tratamento de esgoto doméstico por filtro anaeróbio com recheio de bambu**. Pelotas/RS: Vetor, 2010.

COSTA COUTO, L.C.; FIGUEIREDO, R.F. **Filtro anaeróbio com bambu para o tratamento de esgotos domésticos**. Havana/Cuba: Anais, 1992.

COSTA COUTO, L.C. **Filtro anaeróbio com bambu para tratamento de esgotos domésticos**. Campinas: UNICAMP, 1992.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. **ES-T 03-70: Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 1997.

Facis. Disponível em: <<http://www.facisbrasil.com.br/produtos/detalhes/FOSSA+S%C3%89PTICA>>. Acesso em: 23 abril, 2017.

FERNANDES, C. 2000. Disponível em: <[www.geocities.com.br](http://www.geocities.com.br)>. Acesso 18 abril, 2017.

FORSYTHE, W. **Física de suelos: manual de laboratório**. New York: University Press, 1975.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde, Ministério da saúde, 2004.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde, Ministério da saúde, 2009.

GOUVEIA, P. **Logística Reversa de Pneus Irreversíveis**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

LYMAN B. S., DIETER C. W., ROBERTO M. K. **Flora ilustrada catarinense**. Santa Catarina: Raulino Reitz, 1981.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

METCALF & EDDY, Inc. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. New York: McGraw-Hill, 2003.

MUMFORD, L. **A cidade na história**. São Paulo: Martins Flores, 1998

NASCIMENTO FILHO D. G.; ALELUITA D. C. **Influência das fossas sépticas na contaminação do manancial subterrâneo por nitratos e os riscos para os que optam pelo auto abastecimento como alternativa dos sistemas públicos de distribuição de água**. Paraná, 2005.

PEREIRA, S. A. S. **Avaliação de Desempenho de um Filtro Biológico Percolador em Diferentes Meios**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005.

PESSOA, C. A. **Operação e manutenção de valo de oxidação**. São Paulo: CETESB, 1995.

PIRES, M. J. **Sistema Individual de Tratamento de Esgoto**. Belém: UNAMA, 2011.

ROSALIE, B. **Saneamento básico, como tudo começou**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2010.

SANEAMENTO, **Melhorias sanitárias**. Disponível em: <<http://www.saneamentodogato.xpg.com.br/Sumidouro.html>>. Acesso em 20 jan. 2017.

SNSA. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento**. Ministério das Cidades, 2014.

SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos**, Programa de Modernização do Setor. Brasília, 2014.

TECNOSAB, Jesus de Mari. Disponível em: <<http://guiadaconstrucao.pini.com.br/fornecedores/jesus%20de%20mari,17707/servicos/estacao%20de%20tratamento%20de%20esgoto%20ete%20-%20jesus%20de%20mari,41135/detalhe>>. Acesso em 10 fev. 2017.

TONETTI, A. L.; FILHO, B. C; STEFANUTTI, R. **Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por filtros de areia**. 10. Vol. São Paulo: UNICAMP, 2005.

TRITT, W.P.; ZADRAZIL, F.; HARTMANN; SCHWARZ, S. **Bamboo as a support material in anaerobic reactors**. 9. vol. Germany, 1993.

VALLEJOS, Maria Helena Herrera. **Operação e monitoramento da partida de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB), tratando esgotos sanitários**. São Paulo: USP, 1997.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

## APÊNDICE A

Data:

Nome do entrevistado:

Endereço/Nº da casa:

Marcar com um "x"

### Dados Socioeconômicos

1.1	Responsável: <b>1=</b> Só o Homem <b>2=</b> Só a Mulher <b>3=</b> Homem e Mulher	1	2	3		
1.2	Escolaridade: <b>1=</b> Analfabeto <b>2=</b> 1º grau (com/inc) <b>3=</b> 2º (com/inc) <b>4=</b> Superior	1	2	3	4	Com Inc
1.3	Renda familiar:					
1.3.1	Renda percapta: (Renda Familiar/Nº de moradores)					
1.4	Quantas pessoas trabalham :					
1.5	Possui algum benefício do Governo Federal: <b>1=</b> Sim <b>2=</b> Não	1	2			
1.6	Faixa etária dos moradores: <b>1=</b> adultos <b>2=</b> crianças (0 a 10 anos) <b>3=</b> adolescentes (11 a 18 anos)	1	2	3		
1.7	Frequentam creches (quantos)					
1.8	Frequentam escolas (quantos)					
1.9	Frequentam Universidades/Cursinhos (quantos)					

### Dados da Infra Estrutura da Rua e Domicílio

2.1	Pavimentação na Rua: <b>1=</b> Terra, não pavimentada <b>2=</b> Pavimentada <b>3=</b> Outros	1	2	3		
2.2	Proximidade de FÁBRICAS: <b>1=</b> Sim <b>2=</b> Não	1	2			
2.3	Proximidade de LIXÕES: <b>1=</b> Sim <b>2=</b> Não	1	2			
2.4	Rua é ILUMINADA de noite: <b>1=</b> Sim <b>2=</b> Não <b>3=</b> mal iluminado	1	2	3		
2.5	Existe SEGURANÇA p/ andar de noite na Rua: <b>1=</b> Sim <b>2=</b> Não	1	2	3		
2.6	Existe área de LAZER nas proximidades (praça/outros): <b>1=</b> Sim <b>2=</b> Não <b>3=</b> outros	1	2	3		
2.7	Existe ponto de ÔNIBUS próximo: <b>1=</b> Sim <b>2=</b> Não	1	2			
2.8	Existe Orelhão próximo: <b>1=</b> Sim <b>2=</b> Não	1	2			
2.9	Situação do domicílio: <b>1=</b> Próprio <b>2=</b> Alugado <b>3=</b> outra, cedido, invadido etc..	1	2	3		
2.10	Telhado: <b>1=</b> Improvisado <b>2=</b> Só laje ou inadequado <b>3=</b> adequado	1	2	3		
2.11	Área CONSTRUÍDA em m <sup>2</sup> (real ou aproximada):					
2.12	Numero de moradores no domicílio:					
2.13	Disponibilidade Espacial Residencial (Área/Hab):					
2.14	Qualidade do piso (interno): <b>1=</b> Terra <b>2=</b> Cimento <b>3=</b> madeira, cerâmica ou superior	1	2	3		
2.15	Qualidade do piso (externo): <b>1=</b> Terra <b>2=</b> Cimento <b>3=</b> outros	1	2	3		
2.16	Qualidades das Paredes (internas): <b>1=</b> S/ reboco <b>2=</b> Rebocada <b>3=</b> Rebocada e pintada	1	2	3		

2.17	Qualidade das Paredes (externas): 1= S/ reboco 2= Rebocada 3= Rebocada e pintada	1	2	3			
2.18	Tipo de construção: 1= Alvenaria 2= Madeira 3= Chapa, outros	1	2	3			
2.19	Possui energia elétrica: 1= Sim 2= Não	1	2				
2.20	Quais aparelhos elétricos possui: 1= TV 2= Geladeira 3= Rádio 4= Micronondas 5= Maq Lavar Roupa 6= Torneira Elétrica	1	2	3	4	5	6

#### Dados do abastecimento de água

3.1	Forma de abastecimento de água: 1= Corsan 2= Prefeitura 3= Poço/fonte	1	2	3			
3.2	Falta água: 1= Sempre 2= Nunca 3= Raramente	1	2	3			
3.3	A água esta cortada este mês: 1= Sim 2= Não	1	2				
3.4	Água para beber em casa: 1= filtra ou ferve 2= não trata 3= compra água	1	2	3			
3.5	Consumo de água em m <sup>3</sup> ou litros/dia (medido = Corsan ou estimado)						
3.6	Qualidade da água: 1= Recebe informações, Portaria 518 2= Não recebe	1	2				
3.7	Quantidades de pontos de água em casa (nº de torneiras existentes):						
3.8	Consumo de água percapta (Consumo de água/Num de moradores):						

#### Dados do esgotamento sanitário

4.1	Esgoto no domicílio é ligado a rede pública: 1= Sim 2= Não 3= tanque séptico ou fossa	1	2	3			
4.2	Possui caixa de gordura: 1= Sim 2= Não 3= junto com o tanque séptico ou fossa	1	2	3			
4.3	As águas dos tanques e pias são: 1= encanadas p/ rede 2= não encanadas	1	2				
4.4	Cursos d'água mal cheirosos nas proximidades: 1= Sim 2= Não	1	2				
4.5	Existe esgoto a céu aberto nas proximidades: 1= Sim 2= Não	1	2				
4.6	Existe banheiro: 1= dentro 2= fora 3= não existe	1	2	3			
4.6.1		1	2	3	4		
4.7	Quantos banheiros possuem na residência: 1= um 2= dois 3= três 4= mais de três	1	2	3	4		

#### Dados de drenagem

5.1	Ocorrem inundações nas proximidades: 1= Sempre 2= Nunca 3= raro	1	2	3			
5.2	Rua com capacidade de drenagem: 1= Sim 2= Não 3= é adequado	1	2	3			
5.3	Águas paradas na Rua ou em terrenos: 1= Sempre 2= Nunca 3= raro	1	2	3			
5.4	Quando chove dá para andar na rua: 1= Sim 2= Não 3= com dificuldade	1	2	3			

#### Dados de resíduos sólidos

6.1	A coleta de lixo é feita pela prefeitura: 1= diária 2= semanal 3= raro ou nunca	1	2	3			
6.2	A varrição da rua é feita pela prefeitura: 1= diária 2= semanal 3= raro ou nunca	1	2	3			
6.3	A varrição da rua é feita pelo morador: 1= diária 2= semanal 3= raro ou nunca	1	2	3			
6.4	Existe lixo/entulho em terrenos próximos: 1= Sim 2= Não	1	2				

6.5	Seu lixo é armazenado em: <b>1= sacos plásticos 2= latões</b>	1	2		
6.6	Disposição do lixo: <b>1= lixeira 2= chão 3= pendurado 4= distante</b>	1	2	3	4
6.7	Lixo no quintal: <b>só observe e anote: 1= Sim 2= Não</b>	1	2		

#### Dados sobre vetores

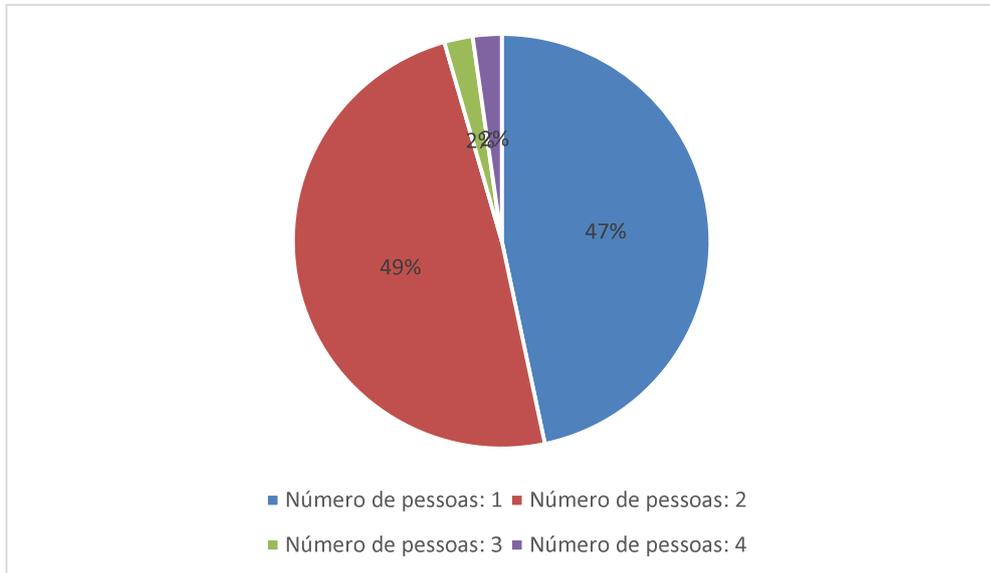
7.1	Presença de moscas: <b>1= Sim 2= Não 3=raro</b>	1	2	3	
7.2	Presença de pernilongos: <b>1= Sim 2= Não 3= raro</b>	1	2	3	
7.3	Mosquitos da dengue: <b>1= Sim 2= Não 3= raro</b>	1	2	3	
7.4	Presença de ratos: <b>1= Sim 2= Não 3= raro</b>	1	2	3	
7.5	Presença de pulgas: <b>1= Sim 2= Não 3= raro</b>	1	2	3	
7.6	Presença de animais: <b>1= Sim 2= Não</b>	1	2	3	
7.6.1	Quais animais: quantos:				
7.7	Presença de baratas: <b>1= Sim 2= Não 3= raro</b>	1	2	3	
7.8	Presença de outros vetores, quais:				

#### Dados sobre doenças

8.1	Diarréia nos últimos 6 meses: <b>1= Sim 2= Não</b>	1	2		
8.2	Vermes em crianças: <b>1= Sim 2= Não</b>	1	2		
8.3	Alguém teve micose, sarna ou piolho: <b>1= Sim 2= Não</b>	1	2		
8.4	Alguém teve dengue: <b>1= Sim 2= Não</b>	1	2		
8.5	Tracoma ou conjuntivite: <b>1= Sim 2= Não</b>	1	2		
8.6	Outros dados sobre doenças, qual:				

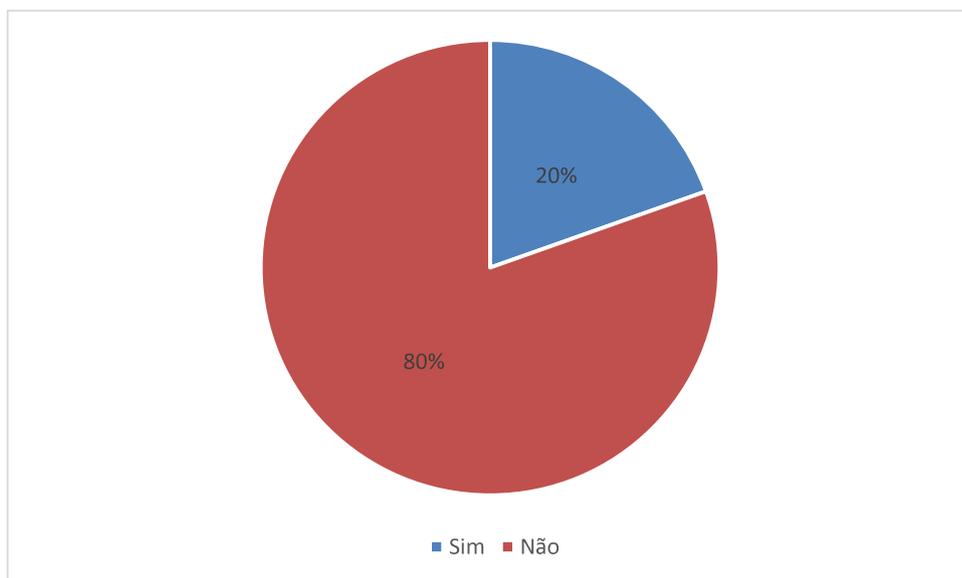
## APÊNDICE B

Gráfico 10 - Número de pessoas que contribuem para a renda familiar



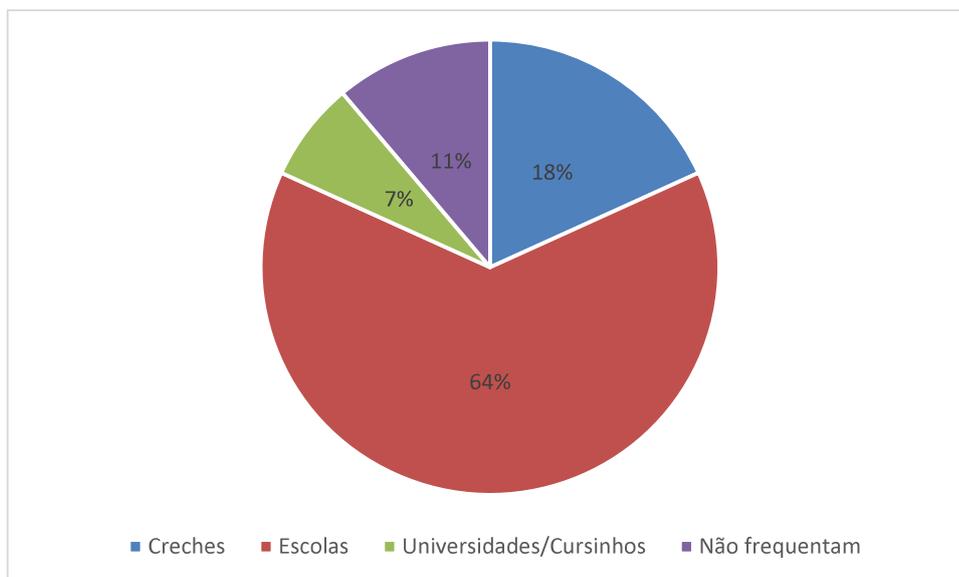
Fonte: Elaboração própria

Gráfico 11 - Pessoas que recebem benefício financeiro do governo



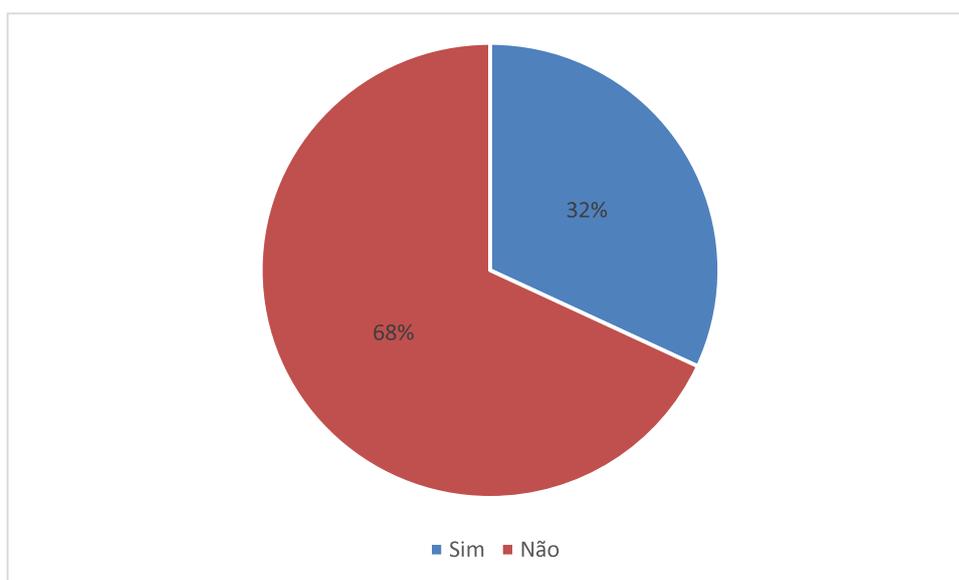
Fonte: Elaboração própria

Gráfico 12 - Índice de frequência ao ensino dos moradores



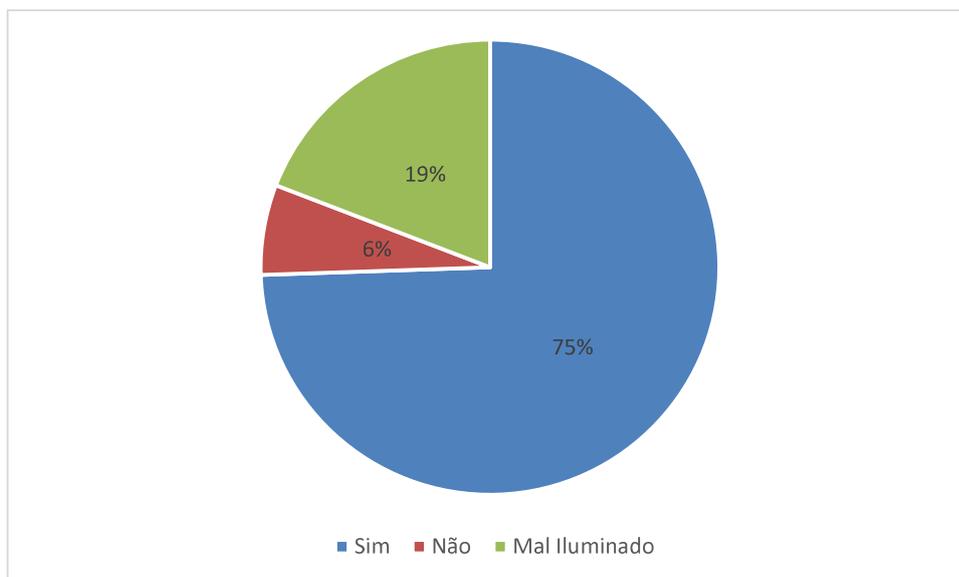
Fonte: Elaboração própria

Gráfico 13 - Proximidade de lixões na percepção dos moradores



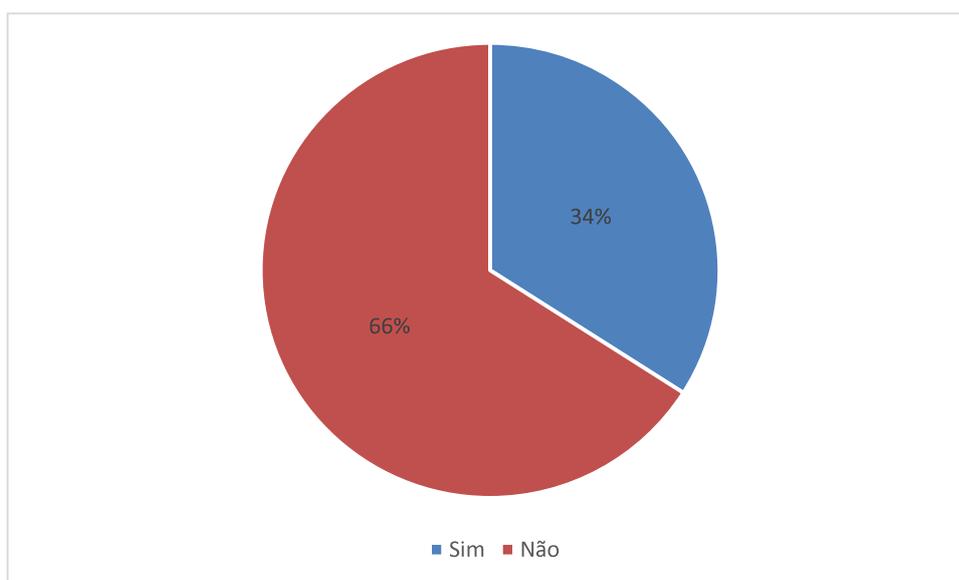
Fonte: Elaboração própria

Gráfico 14 - Iluminação da rua na visão dos moradores



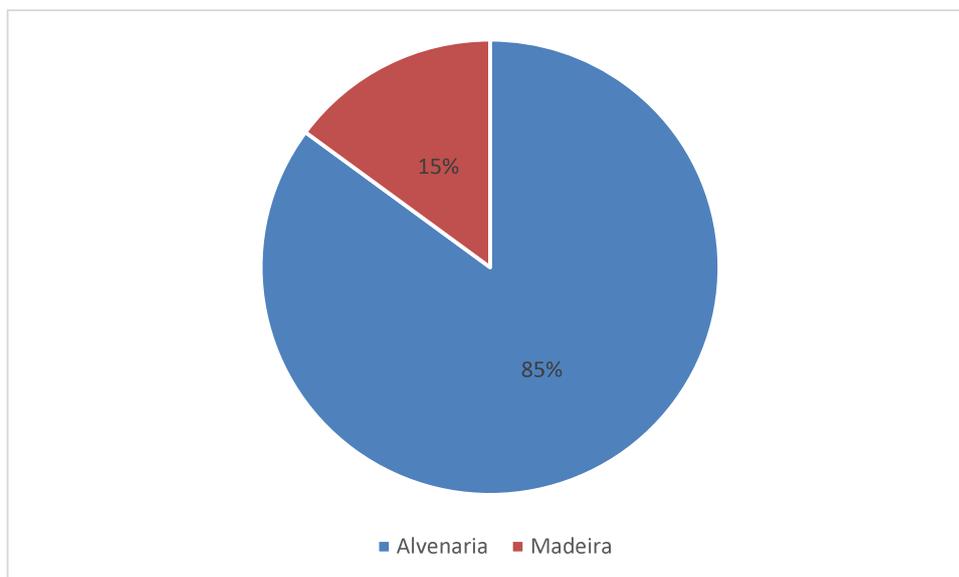
Fonte: Elaboração própria

Gráfico 15 - Segurança da rua na visão dos moradores



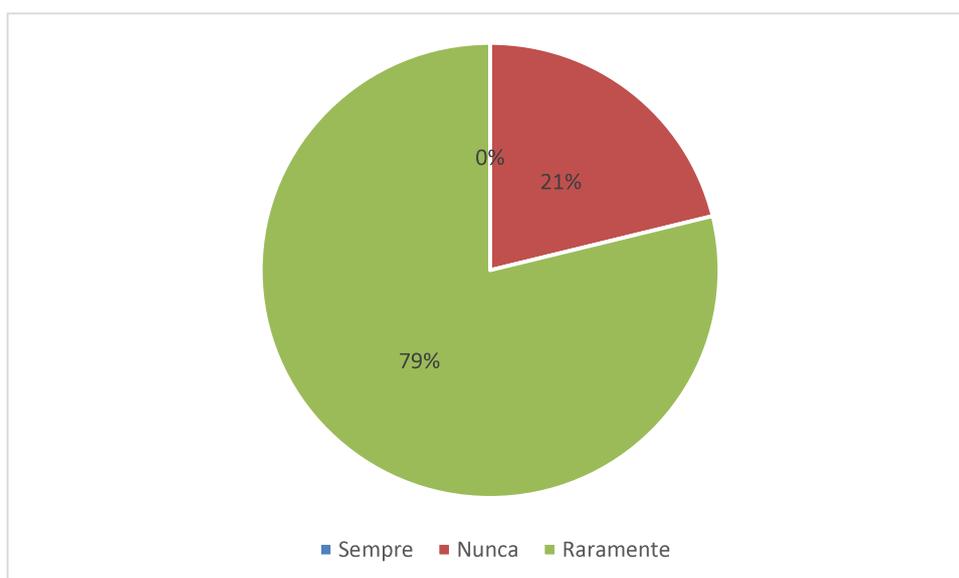
Fonte: Elaboração própria

Gráfico 16 - Tipo de construção



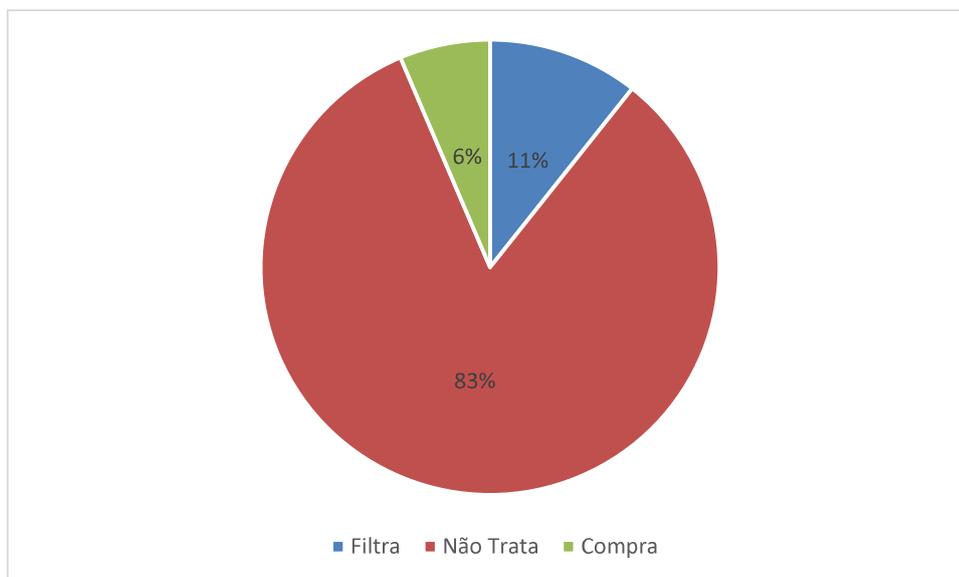
Fonte: Elaboração própria

Gráfico 17 - Visão dos moradores sobre a falta de água na sua residência



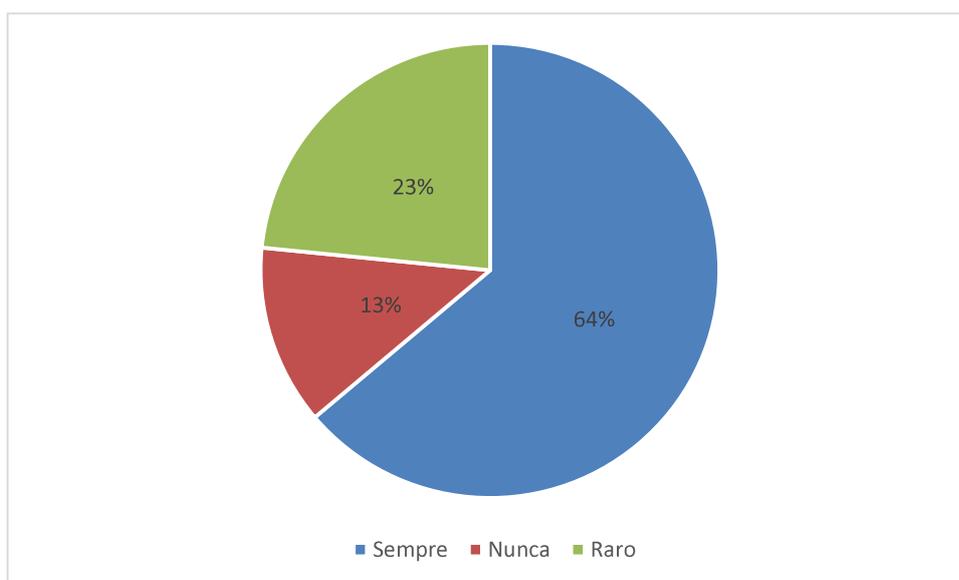
Fonte: Elaboração própria

Gráfico 18 - Água para beber em casa



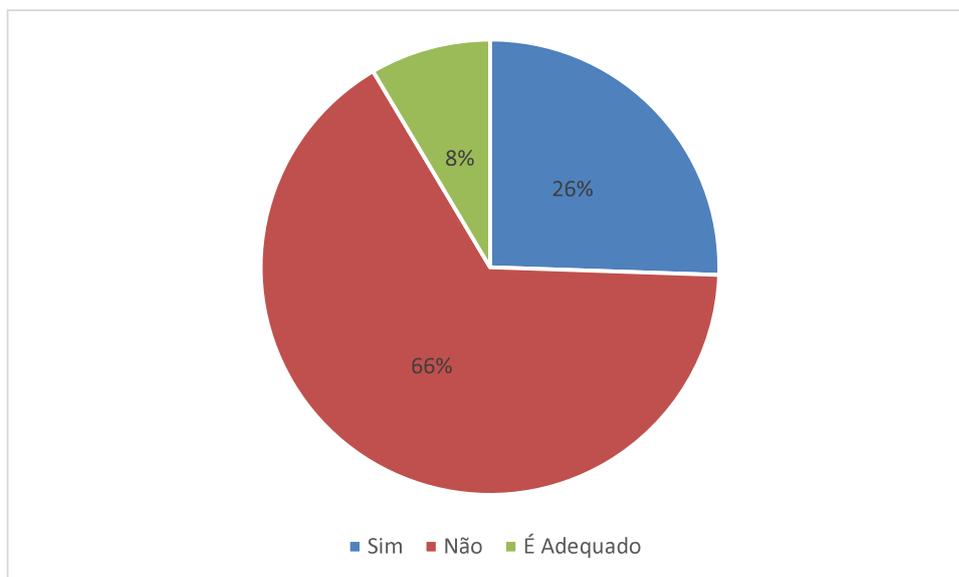
Fonte: Elaboração própria

Gráfico 19 - Ocorrência de inundações nas proximidades



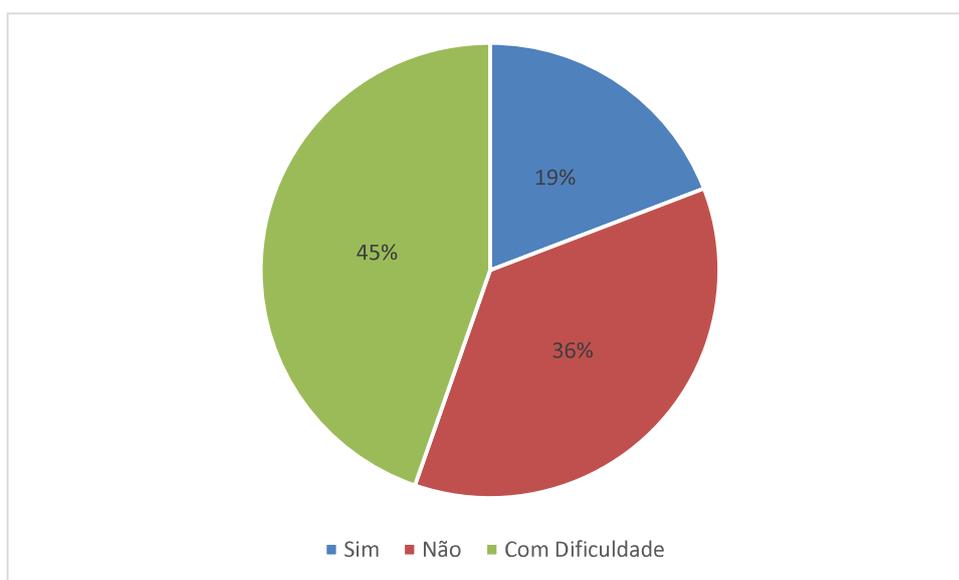
Fonte: Elaboração própria

Gráfico 20 - Rua com capacidade de drenagem



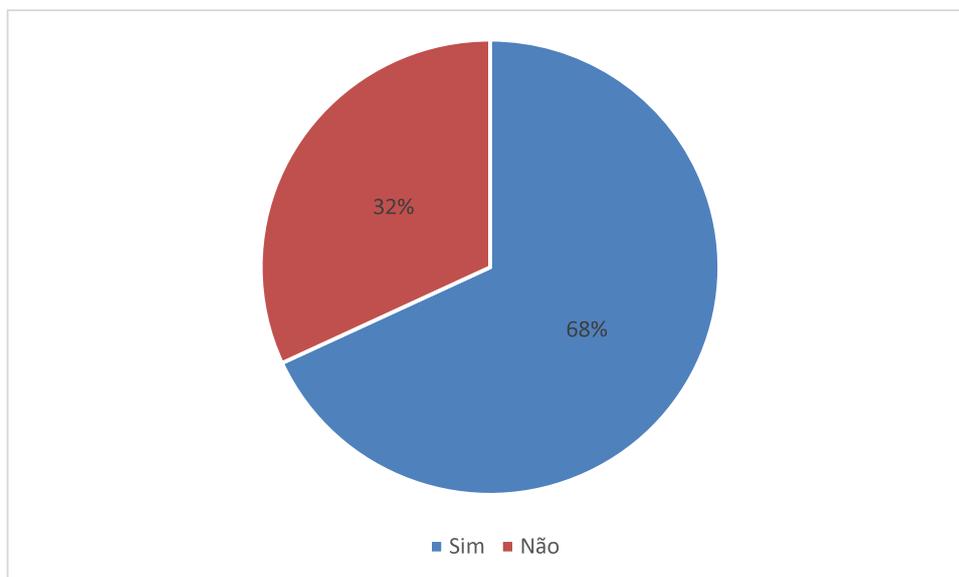
Fonte: Elaboração própria

Gráfico 21 - Possibilidade de locomoção na rua após ocorrência de chuvas



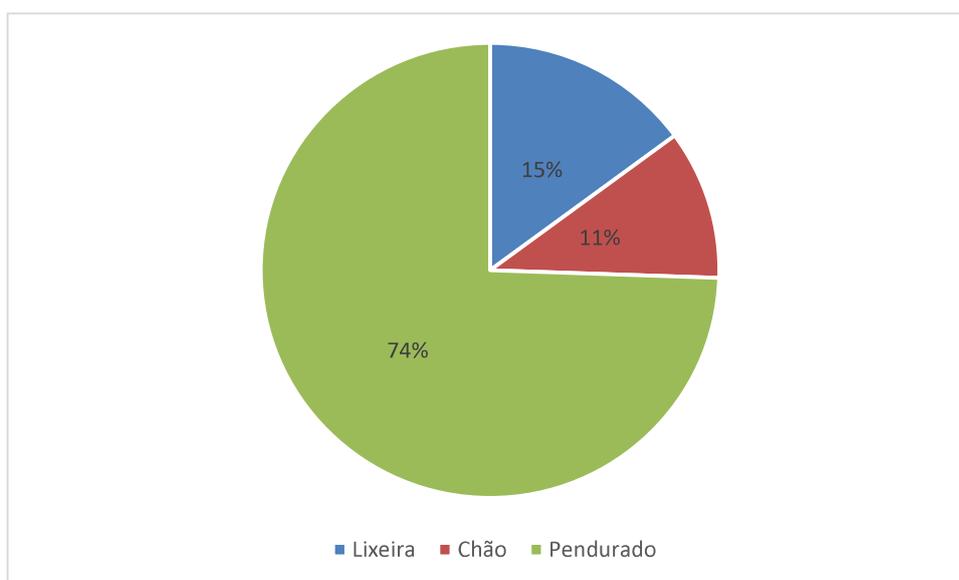
Fonte: Elaboração própria

Gráfico 22 - Lixo/entulho em terrenos próximos



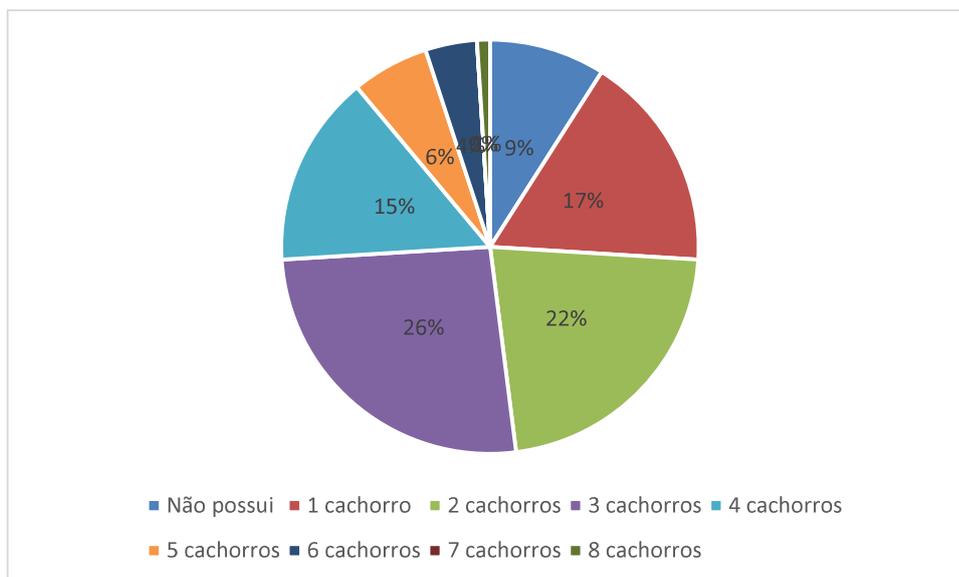
Fonte: Elaboração própria

Gráfico 23 - Disposição do lixo



Fonte: Elaboração própria

Gráfico 24 - Presença de cães como animais domésticos



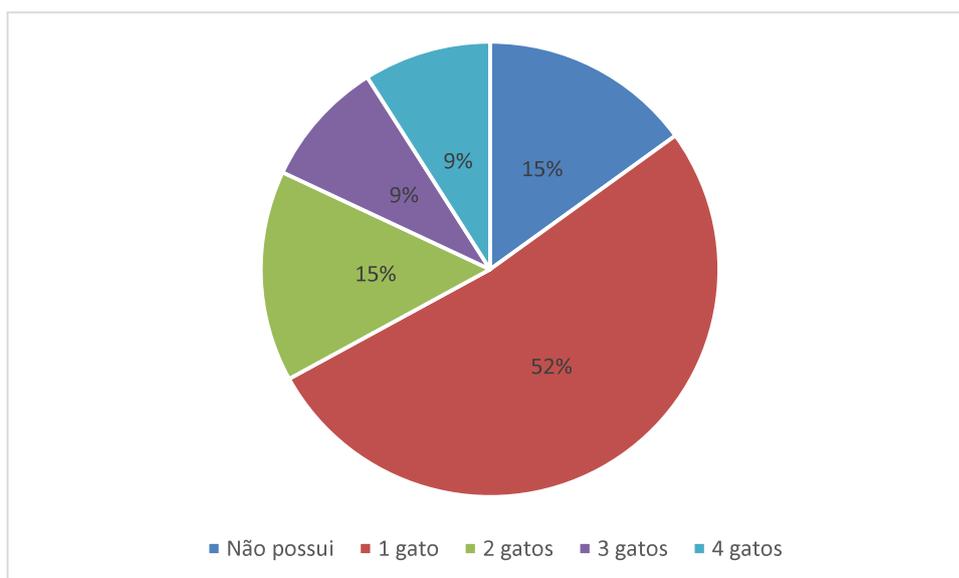
Fonte: Elaboração própria

Tabela 8 - Dados estatísticos obtidos do Gráfico 23

Média	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
3,8	4,04	1,06

Fonte: Elaboração própria

Gráfico 25 - Presença de gatos como animais domésticos



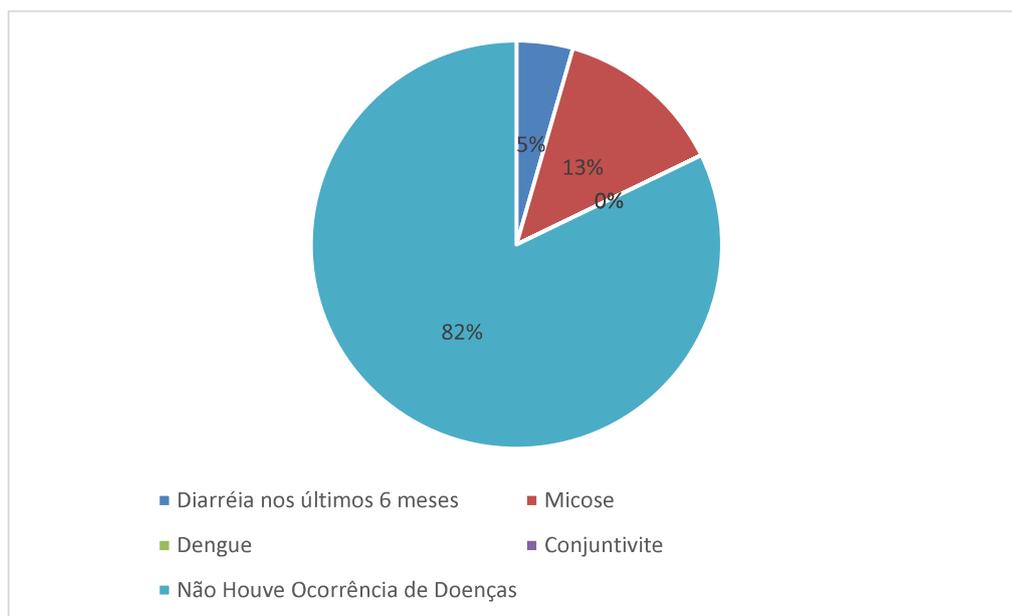
Fonte: Elaboração própria

Tabela 9 - Dados estatísticos obtidos do Gráfico 24

Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
2,75	2,4	0,9

Fonte: Elaboração própria

Gráfico 26 - Ocorrência de doenças domiciliares



Fonte: Elaboração própria