



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO INDIVIDUAL DE EFLUENTES
DOMÉSTICOS EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES DO MUNICÍPIO DE
BIQUINHAS - MINAS GERAIS**

Leonora Pio Fassy

Belo Horizonte

2023

Leonora Pio Fassy

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO INDIVIDUAL DE EFLUENTES
DOMÉSTICOS EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES DO MUNICÍPIO DE
BIQUINHAS - MINAS GERAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção de título de bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. MSc. André Luiz Marques Rocha

Belo Horizonte

2023

LEONORA PIO FASSY

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO INDIVIDUAL DE EFLUENTES
DOMÉSTICOS EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES DO MUNICÍPIO DE
BIQUINHAS - MINAS GERAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em: 30 de novembro de 2023

Banca examinadora:



André Luiz Marques Rocha – Presidente da Banca Examinadora
Prof, MSc. Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET-MG - Orientador



Jane Terezinha da Costa Pereira Leal
Engenheira Ambiental – Coordenadora Técnica Estadual - EMATER-MG



Daniela Patrícia Freire Bonfim
Profa. DSc. Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET-MG

AGRADECIMENTOS

À Deus, cuja presença e orientação foram fundamentais em cada etapa desta jornada acadêmica, agradeço por Sua constante inspiração e guia.

À minha família, por ser a fonte inesgotável de amor, encorajamento e apoio durante toda essa jornada. Sem o seu constante estímulo e compreensão, esta conquista não seria possível. Ao meu pai Emerson que sempre incentivou meu estudo. A minha mãe Silbania pela paciência, parceria, amor e cuidado principalmente nesta reta final, tão delicada. A minha irmã Isadora pelas conversas e encorajamento! Amo muito vocês.

Ao meu orientador André Rocha, por sua orientação dedicada, paciência, empatia, sabedoria e apoio. Seu comprometimento e orientação foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento como profissional.

Aos meus amigos da faculdade Fernanda, Pedro Henrique, Brenner, Davi e Vitória Leão cujo apoio mútuo e amizade tornaram os desafios mais leves e os momentos de estudo mais prazerosos. Suas contribuições foram inestimáveis e deixaram marcas permanentes em minha trajetória.

Aos meus colegas de trabalho, Ana Luísa, Raylene, Nilma e José Eduardo que compreenderam e apoiaram meu esforço em conciliar a vida profissional e acadêmica. O suporte de vocês e compreensão foram fundamentais para alcançar este objetivo.

Aos professores do CEFET-MG, pela dedicação, conhecimento compartilhado e orientação ao longo dos anos. Suas lições não apenas enriqueceram meu aprendizado, mas também moldaram minha visão de mundo e carreira.

Aos moradores de Biquinhas que me receberam com tanto carinho e atenção e promoveram o desenvolvimento dessa pesquisa.

A Jane Leal e Márcio Mello que me acolheram no primeiro estágio, compartilharam seus conhecimentos e me apresentaram o mundo do Saneamento Rural, muito obrigada.

À banca de avaliação, pela oportunidade de apresentar e discutir minhas ideias e pesquisas. Agradeço o tempo dedicado pelas contribuições.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista, meu mais profundo agradecimento. Esta vitória é de todos nós, e serei eternamente grata pelo apoio e influência positiva em minha jornada acadêmica.

RESUMO

FASSY, LEONORA PIO. **Estudo de Alternativas de Tratamento Individual de Efluentes Domésticos em Residências Unifamiliares do Município de Biquinhas - Minas Gerais**. 2023. 102. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Ano.

A universalização do saneamento continua sendo um desafio significativo no Brasil, especialmente em pequenas cidades e áreas rurais, onde o acesso a serviços adequados de saneamento é limitado. Especificamente nas zonas rurais, a ausência de saneamento está estreitamente relacionada ao desenvolvimento econômico. A falta de infraestrutura sanitária nessas áreas expõe os habitantes a riscos significativos de doenças transmitidas pela água e pelo contato com solo contaminado. Este cenário é agravado pelo fato de que apenas aproximadamente 17,1% da população em áreas rurais tem acesso ao serviço de esgoto sanitário.

O município de Biquinhas, localizado em Minas Gerais, na região central do estado, é um exemplo desse desafio. Com uma população de cerca de 2.480 habitantes, apenas 1,3% possuem acesso ao esgotamento sanitário. Portanto, a oferta de alternativas para a coleta e tratamento individual de esgoto pode ter um impacto substancial na melhoria da qualidade de vida dos moradores. Este estudo tem como propósito identificar e sugerir soluções para o tratamento individual de esgoto em quatro residências unifamiliares em Biquinhas.

Uma visita às residências foi realizada em outubro de 2023 para avaliar as condições locais, realizar registros fotográficos e coletar informações junto aos moradores. A partir dessas observações, foram identificadas três opções de tratamento de esgoto doméstico: Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) e círculo de bananeiras, Fossa Séptica Biodigestora e Sistema Fossa Séptica e Filtro Biológico. Essas tecnologias foram então avaliadas com base no atendimento às legislações vigentes, custos de implementação, complexidade de construção e operação, bem como na capacidade de atender às necessidades específicas de uma residência de forma adequada

A partir das análises foi possível identificar pontos positivo e negativos de ambas as estruturas. Contudo, a tecnologia indicada foi o TEVAP em conjunto do círculo de

bananeiras, uma vez que o tratamento atende os parâmetros exigidos nas legislações. Alternativas essas que coletam, tratam e dispõem no meio ambiente um efluente de qualidade. Se faz necessário, para a proposição de projetos de implementação dessa alternativa parcerias entre prefeituras e organizações a fim de viabilizar para aos moradores o acesso a esse serviço, uma vez que o custo dessa implementação é considerado moderado.

As ações voltadas para o tratamento de esgoto individualizado se destacam como uma abordagem eficaz e imprescindível para a melhoria não apenas da qualidade de vida, mas também para a preservação do meio ambiente. Ao considerar o estudo levantado, torna-se evidente que a implementação de sistemas de tratamento de esgoto em nível domiciliar desempenha um papel importante na promoção da saúde pública e na proteção dos recursos naturais.

Palavras chaves: Saneamento rural. Esgoto doméstico. Tratamento individualizado. Tanque de Evapotranspiração (TEVAP).

ABSTRACT

FASSY, LEONORA PIO. **Study of Alternatives for Individual Treatment of Domestic Effluents in Single-Family Residences in the Municipality of Biquinhas - Minas Gerais.** 2023. 102. Undergraduate thesis (Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, Year.

Universal sanitation remains a significant challenge in Brazil, especially in small cities and rural areas, where access to adequate sanitation services is limited. Specifically in rural areas, the lack of sanitation is closely related to economic development. The lack of sanitary infrastructure in these areas exposes inhabitants to significant risks of diseases transmitted through water and contact with contaminated soil. This scenario is worsened by the fact that only approximately 17.1% of the population in rural areas has access to sanitary sewage services.

The municipality of Biquinhas, located in Minas Gerais, in the central region of the state, is an example of this challenge. With a population of around 2,480 inhabitants, only 1.3% have access to sanitation. Therefore, offering alternatives for individual sewage collection and treatment can have a substantial impact on improving residents' quality of life. This study aims to identify and suggest solutions for individual sewage treatment in four single-family homes in Biquinhas.

A visit to the residences was carried out in October 2023 to assess local conditions, take photographic records and collect information from residents. From these observations, three domestic sewage treatment options were identified: Evapotranspiration Tank (TEVAP) and banana tree circle, Biodigester Septic Tank and Septic Tank System and Biological Filter. These technologies were then evaluated based on compliance with current legislation, implementation costs, complexity of construction and operation, as well as the ability to adequately meet the specific needs of a residence.

From the analyzes it was possible to identify positive and negative points of both structures. However, the recommended technology was TEVAP together with the banana circle, since the treatment meets the parameters required by legislation. These alternatives collect, treat and dispose of quality effluent in the environment. In order to propose projects to implement this alternative, partnerships between city halls and organizations are necessary in order to

provide residents with access to this service, since the cost of this implementation is considered moderate.

Actions aimed at individualized sewage treatment stand out as an effective and essential approach for improving not only quality of life, but also for preserving the environment. When considering the study raised, it becomes evident that the implementation of sewage treatment systems at the household level plays an important role in promoting public health and protecting natural resources.

Keywords: Rural sanitation. Domestic sewage. Individualized treatment. Evapotranspiration tank (TEVAP).

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 3. 1– Relação das principais companhias de saneamento básico no Brasil | 23 |
| Figura 3. 2 – Evolução do atendimento a rede de água e esgoto no estado de Minas Gerais .. | 28 |
| Figura 3. 3- Sistemas de Esgotamento Sanitário | 29 |
| Figura 3. 4- Percentual da população urbana atendida por tratamento de esgoto em Minas Gerais..... | 30 |
| Figura 3. 5- Percentual da população urbana atendida por coleta de esgoto em Minas Gerais | 31 |
| Figura 3. 6 – Mapeamento da qualidade do serviço de esgotamento sanitário dos municípios de Minas Gerais | 32 |
| Figura 3. 7- Esquema dos possíveis sistemas de esgotamento | 37 |
| Figura 3. 8 – Aspectos da sustentabilidade que influenciam no saneamento..... | 38 |
| Figura 3. 9- Ilustração do TEVAP..... | 39 |
| Figura 3. 10 – Camadas internas do TEVAP..... | 41 |
| Figura 3. 11- Ilustração do Círculo de BananeirasFonte – FUNASA (2014) | 42 |
| Figura 3. 12- Desenho esquemático da Fossa Biodigestora da EMBRAPA | 44 |
| Figura 3. 13 – Detalhamento de uma fossa séptica retangular | 45 |
| Figura 3. 14 – Desenho esquemático do sistema fossa séptica e filtro..... | 46 |
| Figura 3. 15 – Desenho esquemático da vista lateral do Sumidouro..... | 46 |
| Figura 3. 16 - Desenho de um tanque Séptico | 47 |
| Figura 4. 1 – Fluxo realizado para o desenvolvimento do estudo..... | 58 |
| Figura 4. 2 - Delimitação da área urbana do Município de Biquinhas - Minas Gerais | 59 |
| Figura 4.3 - Delimitação da área urbana do Município de Biquinhas adotada pelo IBGE. | 60 |
| Figura 4. 4 - Delimitação da região hidrográfica do Município de Biquinhas – Minas Gerais | 61 |
| Figura 4. 5 - Dados referentes ao esgotamento sanitário no Município de estudo..... | 61 |
| Figura 4. 6 - Residências na região urbana indicadas para o estudo | 62 |
| Figura 5. 1 – Vista lateral da Residência 1..... | 69 |
| Figura 5. 2 – Caixa de gordura da Residência 01..... | 70 |
| Figura 5. 3 – Vista do quintal ao fundo da Residência 02..... | 71 |
| Figura 5. 4 – Vista lateral da residência 02 | 71 |
| Figura 5. 5 – Vista do quintal da Residência 03..... | 72 |
| Figura 5. 6 – Vista da deposição do efluente do tanque diretamente no solo na Residência 03 | 73 |
| Figura 5. 7 – Vista do quintal da Residência 04..... | 73 |

| | |
|--|----|
| Figura 5. 8 – Ações adotadas na Residência 04 para esgotamento | 74 |
|--|----|

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 3. 1 - Doenças relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado | 26 |
| Tabela 3. 2 – Padrão de tratamento dos efluentes conforme a legislação nacional e estadual. | 34 |
| Tabela 3.3- Valores médios de DBO ₅ para o esgoto doméstico bruto. | 35 |
| Tabela 3.4 – Valores para DQO de efluente doméstico | 36 |
| Tabela 3. 5- Período de detenção dos despejos | 47 |
| Tabela 3. 6– Valores médios dos parâmetros analisados para os efluentes da primeira e terceira caixa da Fossa Séptica Biodigestora da EMBRAPA..... | 49 |
| Tabela 3. 7– Resultado dos parâmetros analisados no estudo para o TEVAP. | 50 |
| Tabela 3. 8 – Eficiência de alguns parâmetros segundo a Resolução CONAMA nº 430/2011 e COPAM/CERH nº 8/2022..... | 55 |
| Tabela 4. 1 - Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf)..... | 64 |
| Tabela 4. 2 - Taxa de acumulação total de lodo (K)..... | 65 |
| Tabela 5. 1 - Quantidade de moradores nas residências do estudo..... | 68 |
| Tabela 5. 2 – Volume médio de água consumida nas residências de acordo com a fatura de água emitida pela COPASA | 69 |
| Tabela 5. 3 - Tipo de coleta de esgoto atual nas residências | 74 |
| Tabela 5. 4 – Média do volume de esgoto gerado em cada residência por mês..... | 77 |
| Tabela 5. 5 - Média do volume de esgoto gerado em cada residência por dia. | 77 |
| Tabela 5. 6 – Volume do Tanque necessário para atender as residências | 78 |
| Tabela 5. 7 – Dimensões adotadas para os Tanques de Evapotranspiração das residências | 79 |
| Tabela 5. 8 – Dimensões do Círculo de Bananeiras para as residências | 79 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 3. 1- Etapas do tratamento do TEVAP | 40 |
| Quadro 3. 2- Comparativo de pontos positivos e limitantes para a implementação destas alternativas..... | 53 |
| Quadro 4. 1- Parâmetros analisados para a escolha das alternativas de tratamento de esgoto doméstico..... | 63 |
| Quadro 5. 1- Orçamento para execução das alternativas de tratamento doméstico da Residência 01..... | 80 |
| Quadro 5. 2- Orçamento para execução das alternativas de tratamento doméstico da Residência 02..... | 81 |
| Quadro 5. 3- Orçamento para execução das alternativas de tratamento doméstico da Residência 03..... | 82 |
| Quadro 5. 4- Orçamento para execução das alternativas de tratamento doméstico da Residência 04..... | 82 |
| Quadro 5. 5 – Cuidados necessários com o TEVAP | 84 |
| Quadro 5. 6 – Cuidados necessário com o Círculo de Bananeiras | 85 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------------|---|
| ANA | Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico |
| CE | Condutividade elétrica |
| CERH | Conselho Estadual de Recursos Hídricos |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| COPAM | Conselho Estadual de Política Ambiental |
| COPASA | Companhia de Saneamento de Minas Gerais |
| DAAES | Diretoria de Abastecimento de água e Esgotamento Sanitário |
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxigênio |
| DQO | Demanda Química de Oxigênio |
| DRSAI | Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado |
| EMATER - MG | Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais |
| EMPRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| FUNASA | Fundação Nacional de Saúde |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| MFV | Módulo Fossa Verde |
| NBR | Norma Técnica |
| NPK | Nitrogênio, Fósforo e Potássio |
| OD | oxigênio dissolvido |
| ODS | Objetivos de Desenvolvimento sustentável |
| OMS | Organização Mundial da Saúde |
| PDDU | Plano Diretor de Drenagem Urbana |
| PESB | Plano Estadual de Saneamento básico |
| Ph | Potencial Hidrogeniônico |
| PLANASA | Plano Nacional de Saneamento |
| PLANSAB | Plano Nacional de Saneamento Básico |
| PMSB | Planos Municipais de Saneamento Básico |
| PNSR | Programa Nacional de Saneamento Rural |
| SEMAD | Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável |
| SNIS | Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento |
| SS | Sólidos Suspensos |
| SST | Sólidos Suspensos Totais |

| | |
|--------|---|
| TEVAP | Taque de Evapotranspiração |
| T | Temperatura |
| UNICEF | Fundo das Nações Unidas para a Infância |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 18 |
| 2. OBJETIVOS..... | 21 |
| 2.1. Objetivo Geral | 21 |
| 2.2. Objetivos Específicos..... | 21 |
| 3. REVISÃO DA LITERATURA..... | 22 |
| 3.1. Diferenças Entre Saneamento e Saneamento Básico | 22 |
| 3.2. Saneamento Rural | 24 |
| 3.3. Saneamento Ambiental | 25 |
| 3.4. Saúde Pública e Doenças..... | 25 |
| 3.5. Saneamento Básico em Minas Gerais | 26 |
| 3.6. Esgotamento Sanitário | 28 |
| 3.7. Disposição Adequada do Esgoto e Legislações Vigentes..... | 32 |
| 3.8. Parâmetros de Caracterização físico-química dos efluentes | 34 |
| 3.8.1. <i>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)</i> | <i>34</i> |
| 3.8.2. <i>Demanda Química de Oxigênio (DQO).....</i> | <i>35</i> |
| 3.8.3. <i>Potencial Hidrogeniônico e temperatura</i> | <i>36</i> |
| 3.8.4. <i>Oxigênio dissolvido (OD)</i> | <i>37</i> |
| 3.9. As Alternativas de Tratamento Individualizado | 37 |
| 3.9.1. <i>Fossa Rudimentar</i> | <i>38</i> |
| 3.9.2. <i>Tanque de Evapotranspiração</i> | <i>39</i> |
| 3.9.3. <i>Círculo de Bananeiras</i> | <i>42</i> |
| 3.9.4. <i>Fossa Séptica Biodigestora - Embrapa</i> | <i>43</i> |
| 3.9.5. <i>Sistema Fossa Séptica e Filtro biológico.....</i> | <i>44</i> |
| 3.10. NBR 7229 – Projeto, Construção e Operação de Sistemas e Tanques Sépticos..... | 46 |
| 3.11.NBR 13969 Tanques Sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, Construção e Operação..... | 47 |
| 3.12. Definição Das Estruturas..... | 48 |
| 4. METODOLOGIA..... | 57 |
| 4.1. Método de Abordagem..... | 57 |
| 4.2. Área de Estudo..... | 59 |
| 4.3. Alternativas para implementação | 62 |
| 4.4. Dimensionamento das Estruturas Indicadas | 63 |

| | |
|---|-----------|
| 4.5. Custo de construção | 65 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSÃO | 66 |
| 5.1. Análise do Plano Municipal de Saneamento Básico..... | 66 |
| 5.2. Levantamento de informações das Residências..... | 68 |
| 5.3. Dimensionamento das estruturas | 75 |
| 5.4. Orçamento..... | 80 |
| 5.5. Monitoramento | 83 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 86 |
| 7. RECOMENDAÇÕES | 88 |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 89 |
| APÊNDICE A | 97 |

1. INTRODUÇÃO

A universalização do saneamento ainda é uma realidade distante do Brasil, principalmente para aqueles brasileiros localizados em regiões mais distantes dos grandes centros urbanos, de pequenos municípios e regiões rurais (COSTA, 2010). A universalização do saneamento corresponde ao acesso a todos os tipos de serviços considerados como básicos e tidos na constituição como direito de todos os cidadãos brasileiros (COMPANHIA SANEAMENTO DE JUNDIAÍ, 2016).

Segundo a pesquisa realizada pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) aproximadamente 55,8% da população brasileira não possui acesso à rede de esgoto. Isso corresponde a geração de efluente de quase 100 milhões de pessoas sendo lançado diretamente no ambiente sem tratamento. Além disso, do esgoto coletado, apenas 80% é submetido a um tipo de tratamento (TRATA BRASIL, 2023). Isto indica um impacto direto ao meio ambiente, devido o descarte do efluente sem tratamento, o que provoca contaminação dos cursos d'água e do solo, investimentos financeiros mais elevados para o tratamento da água para consumo, aumento de casos de doenças por veiculação hídrica, além da perda da questão estética do ambiente (TISCHER, 2017).

Em 2015, o Brasil se comprometeu em cumprir os Objetivos de Desenvolvimento sustentável (ODS). Trata-se de um plano global de ações com o intuito de erradicar a pobreza e a fome, além de promover a melhora da qualidade de vida das pessoas por meio da educação, saúde, água e saneamento (Fundo das Nações Unidas para a Infância - UNICEF). Dentre os dezessete objetivos, o número seis vai ao encontro da universalização do saneamento, uma vez que estabelece a garantia do acesso a água e o saneamento para todos. Contudo, a realidade brasileira vai em desencontro do compromisso firmado (FURIGO, 2021).

O saneamento pode ser considerado como um grupo de ações que tem como o objetivo preservar as condições ambientais, mesmo com ações que causem algum impacto, a fim de favorecer a saúde, erradicação de doenças e assim promover a qualidade de vida. No Brasil o saneamento vem se tornando uma pauta diária e necessária tendo em vista as disparidades de acesso ao saneamento, a qualidade e a oferta desse tipo de serviço (TRATA BRASIL, 2023).

A Legislação Federal nº11.445 de 5 de janeiro de 2007 foi pioneira por apresentar as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a Política Federal De Saneamento Básico

(BRASIL, 2007). As atividades que compõem o saneamento são o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza e manejo dos resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais. Esta legislação teve sua redação atualizada pela Legislação Federal nº 14.026 de 2020, conhecida como o novo Marco Legal do Saneamento, que agregou com alterações importantes quanto à estrutura do setor (TRATA BRASIL, 2023).

O desafio em alcançar a meta da universalização do saneamento no Brasil ocorre pela falta de investimento. A postura mais correta para o avanço neste setor seria o investimento do valor arrecadado em obras e ações voltadas para esse tipo de serviço. Contudo, grande parte dos governos municipais e estaduais investem menos de 20% do que é arrecadado em obras de saneamento. Assim, é possível estimar que a meta definida pelo marco legal do saneamento não será atingida no período definido e que ainda tem muito a evoluir quanto a melhorias no cenário do saneamento no Brasil (TRATA BRASIL, 2016).

O saneamento na área rural está intimamente ligado ao desenvolvimento econômico. A forma de ocupação do solo e as atividades agropecuárias afetam de forma direta o meio ambiente, logo, a falta do saneamento rural vinculado às atividades econômicas predominantes expõe os moradores a doenças de veiculação hídrica e pelo contato com o solo contaminado. Para poder atender esta população localizada em área rural o indicado é implementar processos e tecnologias que atendam às necessidades e cumpram com o papel, seja em coletar, tratar a água ou o esgoto. Além disso, devem ser alternativas que estejam dentro da realidade de quem recebe seja para sua implementação quanto manutenção da tecnologia (SILVA, 2014).

De acordo com as informações disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) cerca de 54% da população rural no Brasil possuem atendimento precário quanto a esgotamento sanitário. Além disso, o serviço de esgoto sanitário em regiões rurais é disponibilizado a apenas 17,1% da população presente nas regiões rurais. Este estudo estimou cerca de 8,1 milhões de domicílios da região rural. Na região sudeste apenas 51% das residências da região rural são atendidas por serviço de esgotamento sanitário, contudo este serviço corresponde ao uso de fossa sedimentar (FUNASA, 2021).

Para este estudo a cidade escolhida foi Biquinhas, um município de Minas Gerais pertencente à região central do estado. No ano de 2023 completou 60 anos de sua fundação. A história que explica o surgimento da cidade e de seu nome, se deu pela proximidade com a cidade de Três Marias, a região era habitada por tribos indígenas, dentre elas os Abaetés. Por volta de 1850

chegaram os primeiros colonizadores, que foram atraídos pelo desenvolvimento de atividades de garimpo, e ali permaneceram. Em sequência foram a agricultura e a pecuária que ganharam força, e com o passar do tempo se tornaram as atividades econômicas principais, assim atraindo pessoas que se fixaram na região (PREFEITURA DE BIQUINHAS, 2023).

Atualmente a cidade conta com cerca de 2.480 habitantes. Segundo informações do IBGE (2010) o município apresenta apenas 1,3% da população com acesso ao esgotamento sanitário. Logo, o acesso da população Biquinhense a alternativas de coleta e tratamento de esgoto individual como o sistema fossa séptica, tanque de evapotranspiração (TEVAP), fossa biodigestor da Embrapa podem gerar um impacto de forma positiva na qualidade de vida dos moradores. Este estudo visa identificar e propor alternativas para tratamento do esgoto doméstico individualizado para algumas residências unifamiliares de Biquinhas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Esse trabalho teve como objetivo geral avaliar a situação local quanto ao tratamento de esgoto doméstico adotado e identificar uma possível alternativa a ser implementada nas residências unifamiliares em Biquinhas, município de Minas Gerais.

2.2. Objetivos Específicos

Dessa forma, os objetivos específicos deste estudo buscam por:

- Investigar os sistemas de tratamento de esgoto disponíveis que podem ser implementados para o tratamento de acordo com a legislação vigente e normas técnicas;
- Propor e dimensionar as unidades de tratamento a serem implementadas nas residências participantes do estudo, de acordo com a realidade e insumos disponíveis;
- Realizar o levantamento de custos para implementação da alternativa escolhida para o tratamento de efluentes domésticos individualizados.

3. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura consiste no levantamento de informações iniciais, que são de suma importância para o desenvolvimento do trabalho. Os assuntos abordados são acerca de toda a temática do estudo como saneamento, esgotamento sanitário e possíveis tecnologias que possam ser implementadas.

3.1. Diferenças Entre Saneamento e Saneamento Básico

O conceito de saneamento é amplo segundo Rubinger (2008). Isto é decorrente da relação homem e natureza, que promove uma visão de dependência, logo, entende-se como saneamento, segundo a autora:

Amplamente difundida, a definição publicada por Heller e Möller (1995), extraída de Batalha (1986), que por sua vez a atribui à Organização Mundial da Saúde, enuncia saneamento como “o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos deletérios sobre seu estado de bem estar físico, mental ou social (RUBINGER, 2008).

O que difere o saneamento para o saneamento básico é justamente quanto às ações mais restritas a apenas quatro temáticas. O saneamento básico contempla apenas ações voltadas para o abastecimento de água de acordo com os padrões de potabilidade determinado pela legislação; coleta seguida de tratamento e disposição final do efluente gerado sejam eles industriais, agrícolas ou domésticos; gestão dos resíduos sólidos independente de sua origem e por fim sistemas de drenagem (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

O processo de evolução da implementação de ações quanto ao saneamento básico no Brasil ocorre de forma pontual desde a década de 1950. As décadas de 1970 e 1980 se destacam quanto ao assunto de saneamento básico devido à presença marcante da visão que o investimento em obras voltadas para o abastecimento de água e esgotamento sanitário implicaram de forma positiva na qualidade de vida dos países em desenvolvimento contribuindo para a redução da taxa de mortalidade. Neste mesmo período foi idealizado no Brasil o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011).

O PLANASA foi desenvolvido pelo governo na década de 1970 com o intuito de sanar as questões de abastecimento de água e esgotamento sanitário, decorrentes do crescimento populacional que se deu no país neste período. A partir desse Plano ocorreu o surgimento das

Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB), ao todo foram criadas 26 companhias (Figura 3. 1) e que atualmente algumas possuem maior atividade e se destacam pela atuação nas regiões do país. Contudo o PLANASA não deu sequência em suas atividades por muito tempo, encerrando suas atividades na década de 1980, devido ao encerramento das atividades do Banco Nacional da Habitação (BNH), que era a principal fonte de recursos do Plano (FUNASA, 2019).

Figura 3. 1– Relação das principais companhias de saneamento básico no Brasil



Fonte - TRATA BRASIL (2023)

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) é o atual plano em vigor e foi implementado a partir do decreto Decreto nº 8.141 de 20 de novembro de 2013. Trata-se de uma gestão que abrange ações dentre os seguintes segmentos de saneamento: abastecimento de água dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação; esgotamento sanitário, gestão de resíduos sólidos e drenagem. Sua perspectiva de vigência é de 20 anos a contar a partir do ano de 2014 (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2022).

O PLANSAB deve apresentar anualmente relatórios, nos quais anuais é detalhado o monitoramento das atividades que foram implementadas no período. Logo, é possível comparar e acompanhar a evolução das ações que norteiam o plano, e assim ter ciência se as metas traçadas foram alcançadas. Ao todo são 29 metas para serem alcançadas até 2033, sendo oito metas voltadas para abastecimento de água, seis para esgotamento sanitário, oito

para resíduos sólidos e as demais para os outros segmentos (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2022).

A última edição de relatório publicada é referente ao ano de 2020. Ao analisar a evolução desse plano, desde seu início, a evolução no sistema de saneamento no Brasil ainda é limitada. Caso seja mantido este ritmo de investimento, as metas traçadas no PLANSAB somente serão alcançadas por volta de 2060. Isto decorre da inconsistência do investimento realizado, que não condiz com real necessidade observada nos municípios brasileiros (TEPENDINO, et al, 2023).

3.2. Saneamento Rural

O saneamento rural consiste nas mesmas diretrizes do saneamento básico, contudo voltadas para a área rural. Porém o saneamento rural não possui a devida atenção e é administrado de forma diferente nos municípios e estados. As responsabilidades de implementação de ações de saneamento cabem ao município, todavia, as legislações e orientações são de forma geral muito genéricas e apresentam lacunas quando se trata de direcionar um responsável pelas ações (REBOUÇAS, 2017).

Além deste ponto, o saneamento rural apresenta outros fatores que o limitam. Não se tem ao certo qual a demanda para atendimento, os grandes valores de investimento para implementação e manutenção das alternativas, os valores cobrados pelo serviço oferecido não seriam suficientes para custear as despesas do serviço ofertado, além das questões geográficas das regiões rurais que inviabilizam alternativas de tratamento coletivo e por fim tramitações políticas e falta de planejamento de investimento de recursos (REBOUÇAS, 2017).

A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) era o órgão responsável pela implementação de obras e atividades vinculadas ao saneamento rural em todo o território brasileiro em municípios com concentração inferior a 50 mil habitantes. Contudo, a partir da publicação da Portaria Conjunta MGI/MS/MCID nº 921, de 23 de março de 2023, todas as atividades e contratos da passaram a ser de reponsabilidade dos Ministérios da Saúde e das Cidades, extinguindo a FUNASA (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2023).

3.3. Saneamento Ambiental

De acordo com a FUNASA (2019), o saneamento ambiental pode ser entendido como um grupo de ações econômicas e sociais visando a salubridade ambiental, que consiste na condição ou qualidade de um ambiente em relação à saúde e ao bem-estar humano. Ou seja, além das ações que contemplam o saneamento, o saneamento ambiental também abrange ações voltadas para as questões ambientais e a preservação ambiental. Estas em conjunto das demais promovem a melhora da condição ambiental, o que interfere diretamente na melhoria da qualidade de vida e saúde pública (MOURA; LANDAU e FERREIRA, 2016).

A manutenção e garantia da salubridade ambiental é essencial. Mantendo a salubridade é possível evitar doenças decorrentes da ocupação do espaço, além de permitir circunstâncias adequadas para o bem-estar. Logo, é de responsabilidade do Estado proporcionar e implementar infraestruturas que atendam os serviços de saneamento ambiental (MORAES, 2023).

3.4. Saúde Pública e Doenças

Para Organização Mundial da Saúde (OMS) a palavra saúde consiste no conjunto fatores que favoreçam o bem-estar mental, físico e social. Logo, saúde não se limita a apenas a condição da falta de doenças. O que difere de saúde pública, que segundo a FUNASA

...considera-se saúde pública como um domínio genérico de práticas e conhecimentos, organizados institucionalmente, dirigidos a um ideal de bem-estar das populações, em termos de ações e medidas que evitem, reduzam e/ou minimizem agravos à saúde, assegurando condições para a manutenção e a sustentação da vida humana (FUNASA, 2019).

A partir da coleta de dados para análises estatísticas de informações sobre a saúde da população é possível determinar onde devem ser implementadas ações de melhoria para a contenção da evolução de doenças, assim como, pontuar e entender onde se encontra o problema público que deve ser sanado. Isto corresponde a salubridade ambiental, o que demonstra que salubridade ambiental não apresenta o mesmo significado que saúde (FUNASA, 2019).

O saneamento no Brasil é tido como uma ação para resguardar de possíveis doenças e na Constituição é apresentado vinculado à saúde (FUNASA, 2021). No ano de 2021 mais de 128 mil brasileiros foram internados devido a doenças de veiculação hídrica (TRATA BRASIL, 2023).

Mesmo a partir da evolução e implementação de alternativas de saneamento executadas no Brasil ainda é possível observar doenças que estão intimamente ligadas a situações precárias e a falta de saneamento. Esses tipos de doenças são denominados como Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) classificadas em algumas categorias de acordo com a forma de transmissão, como apresentado na Tabela 3. 1 ocorrem principalmente em regiões com concentrações de pessoas em condições de insalubridade. Os estudos das DRSAI permitem a identificação das regiões que são mais afetadas, além de possibilitar a identificação das doenças mais endêmicas das regiões (MOURA, 2010).

Tabela 3. 1 - Doenças relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado

| Categoria | Grupo de doenças |
|--|--|
| Doenças de transmissão feco-oral | Diarreias Cólera Salmonelose Shigelose Outras infecções intestinais bacterianas Amebíase Doenças intestinais por vírus Febres entéricas Hepatite A |
| Doenças transmitidas por inseto vetor | Dengue Febre Amarela Leishmanioses Leishmaniose tegumentar Leishmaniose visceral Filariose linfática Malária Doença de Chagas |
| Doenças transmitidas através do contato com a água | Esquistossomose Leptospirose |
| Doenças relacionadas com a higiene | Doenças dos olhos Doenças da pele |
| Geohelminhos e teníases | Helmintíases Teníases |

Fonte – Adaptado de MOURA (2008)

3.5. Saneamento Básico em Minas Gerais

O novo Marco Legal do Saneamento Básico, que corresponde a Lei Federal nº 14.026/2020, foi implementado com o intuito da universalização do saneamento. Para isso foi dada autonomia a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para regulamentação,

fiscalização e controle de tudo que abrange o setor. Analisando o cenário de Minas Gerais partir deste novo Marco, o estado apresenta uma boa perspectiva de avanço no saneamento (MARQUES, 2021)

Isto é possível afirmar pois no mesmo ano da lei foi implementado no estado o Plano Estadual de Saneamento Básico (PESB –MG). Ambos apresentam o mesmo direcionamento para a execução de ações para a universalização do saneamento. O PESB-MG é uma das realizações previstas na Lei Estadual nº 11.720 que aborda a política de saneamento do estado. Ela está em vigor desde 1994, contudo, pouco foi visto de crescimento e avanço. Em 2000 Minas Gerais contava com cerca de 82% das residências com acesso ao abastecimento de água e 69% com rede coletora de esgoto. Em 2010 os resultados foram de 86% para abastecimento de água e 75% para coleta de esgoto. Este cenário de pouca evolução é justificado por diversos fatores. Como a estrutura física do estado que influencia nas soluções que podem ser executadas, a ausência de um planejamento claro para a atribuição de responsabilidades para o cumprimento dos projetos, e por fim, a sobreposição de insumos financeiros e técnicos (MARQUES, 2021).

O SNIS foi estruturado com o intuito de divulgar as informações sobre a realidade do Brasil no que tange o saneamento. Além disso, a partir do levantamento feito, os dados coletados podem ser utilizados como base para o planejamento da distribuição de recursos financeiros para a execução de programas de saneamento. As informações são coletadas a partir do retorno das Prefeituras, secretarias, companhias de saneamento ou empresas privadas que prestam este tipo de serviço. Logo é possível observar que para o ano de 2021 ocorreu avanço apenas para a rede de esgoto quanto ao atendimento da população mineira (**Figura 3. 2**). Contudo, assim como os dados de 2000 para 2010, a evolução das informações de 2010 para 2021 não foram tão expressivas. Vale ressaltar que não é obrigatório informar ao SNIS o que pode contribuir para inconsistências nos dados levantados (FARIA, 2022).

Figura 3.2 – Evolução do atendimento a rede de água e esgoto no estado de Minas Gerais



Fonte - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (2021)

Os Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) são necessários uma vez que auxiliam quanto ao investimento em ações voltadas para o saneamento básico. Além do PMSB o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) também contribui para a política de saneamento dos municípios. Porém apenas o PMSB é obrigatório e exigido por lei para os municípios. Dos 853 municípios de Minas Gerais cerca de 499 apresentam PMSB. Isto pode ser justificado devido à grande parte dos municípios mineiros não possuem arrecadação suficiente. Além disso, outro fator limitante é a necessidade de um corpo técnico especializado para estruturar este plano e a falta de interesse político (FARIA, 2022).

3.6. Esgotamento Sanitário

A água está atrelada em muitos processos o que gera a necessidade de promover um tratamento para que o efluente resultante retorne ao meio ambiente de forma a não alterar a condição e a qualidade do leito que recebe (FUNASA, 2019).

É dado o nome de esgoto a todos esses efluentes, sejam eles de qualquer fonte ou atividade em que a água foi empregada e que seu descarte no meio ambiente pode acarretar desequilíbrios, problemas ambientais e disseminação de doenças. Ainda não é uma realidade brasileira sistemas completos para o tratamento e disposição final adequada do esgoto. O

atendimento precário na coleta e tratamento de esgoto não deveria ser vinculado as questões sanitárias da população, uma vez que existem opções de tratamento que podem ser implementadas individualmente, contudo, ainda é difícil o acesso a essas alternativas e o tratamento dos efluentes ainda não é tido como prioridade (FUNASA, 2019)

O esgotamento sanitário se divide em dois tipos de sistemas. Pode ser aplicado um sistema individual, que consiste em ações locais e que atende poucas pessoas, ou, um sistema coletivo, no qual apresenta a coleta e deslocamento do efluente para outra área a ser tratado (Figura 3. 3). O sistema individual é utilizado para servir a residências unifamiliares, podendo atender um número pequeno de residências próximas. De forma geral resulta no descarte do efluente das residências por meio de infiltração no solo. Esse sistema somente apresenta bom desempenho caso o local não seja densamente ocupado, possua grandes áreas livres e o solo apresente boas condições de infiltração. Além desses pontos, o lençol freático deve apresentar boa profundidade, a fim de garantir que não seja contaminado (SPERLING, 2005).

Figura 3. 3- Sistemas de Esgotamento Sanitário individual e coletivo



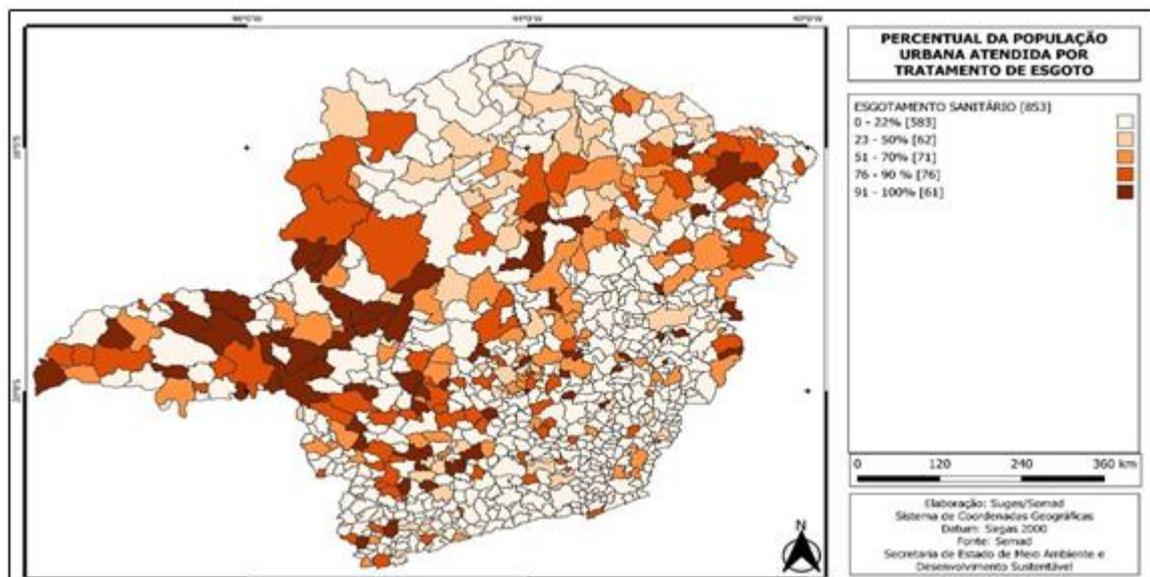
Fonte - SPERLING (2005)

Os sistemas coletivos são indicados para locais que apresentam grande concentração de pessoas, como nos grandes centros urbanos. Esses sistemas apresentam uma estrutura para coleta e transporte do esgoto. Pode ser um sistema unitário que o esgoto e as águas de drenagem são conduzidos em uma única canalização, ou pode ser um sistema separador que apresenta uma canalização para o esgoto e outra para as águas de drenagem (SPERLING, 2005).

Além dos sistemas de esgotamento sanitário existem diversos tipos de esgoto e são classificados de acordo com sua origem. De forma macro são separados em dois grupos principais sendo esgotos domésticos e esgotos industriais. O esgoto doméstico apresenta em sua composição grande carga orgânica por ser decorrente da coleta de efluentes das atividades domésticas como lavagem de roupas, banho, descargas, lavagem de utensílios. Já esgotos industriais apresentam em sua composição grande carga mineral, com a presença significativa de sólidos dissolvidos. O efluente industrial tem grande variabilidades, pois varia de acordo com a atividade exercida, além de também apresentar carga orgânica decorrente das atividades de refeitório e da presença de funcionários (FUNASA, 2019).

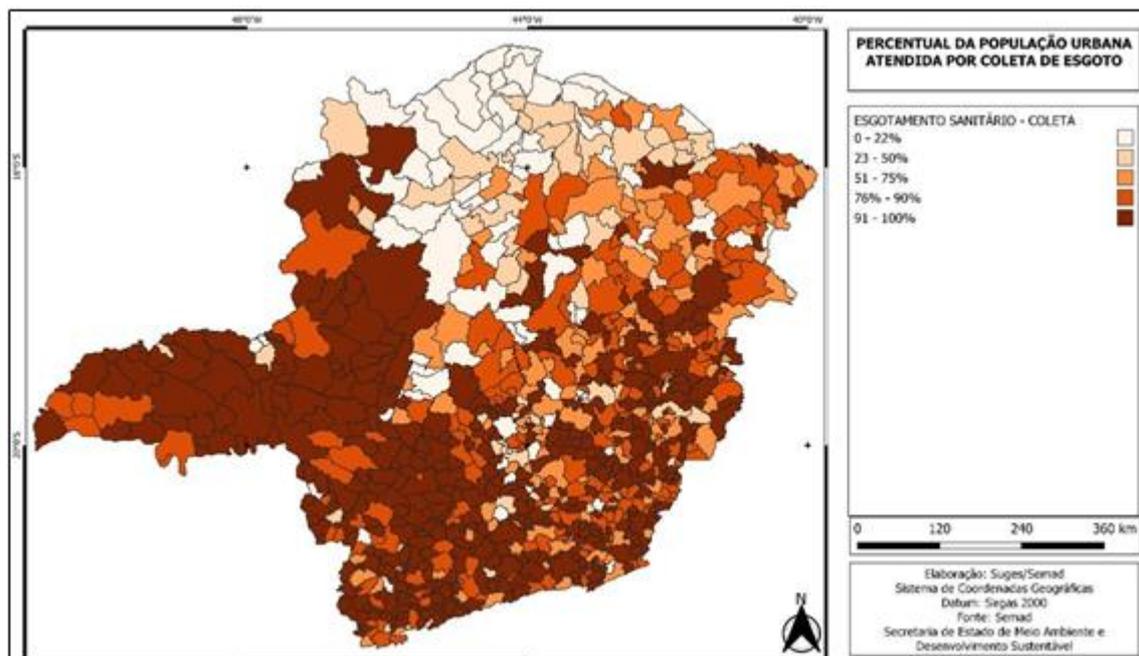
O esgotamento sanitário em Minas Gerais necessita de investimento para que toda a população do estado tenha acesso a um sistema completo e de qualidade. A população urbana é melhor atendida, no que tange a coleta do esgoto. Contudo, apenas 48% do efluente gerado (Figura 3. 4) por cerca de 15.984.367 habitantes, que corresponde a 84% da população do estado (Figura 3. 5), é submetido a um tratamento antes de ser destinado ao meio ambiente (SEMAD, 2022).

Figura 3. 4- Percentual da população urbana atendida por tratamento de esgoto em Minas Gerais



Fonte - SEMAD (2022)

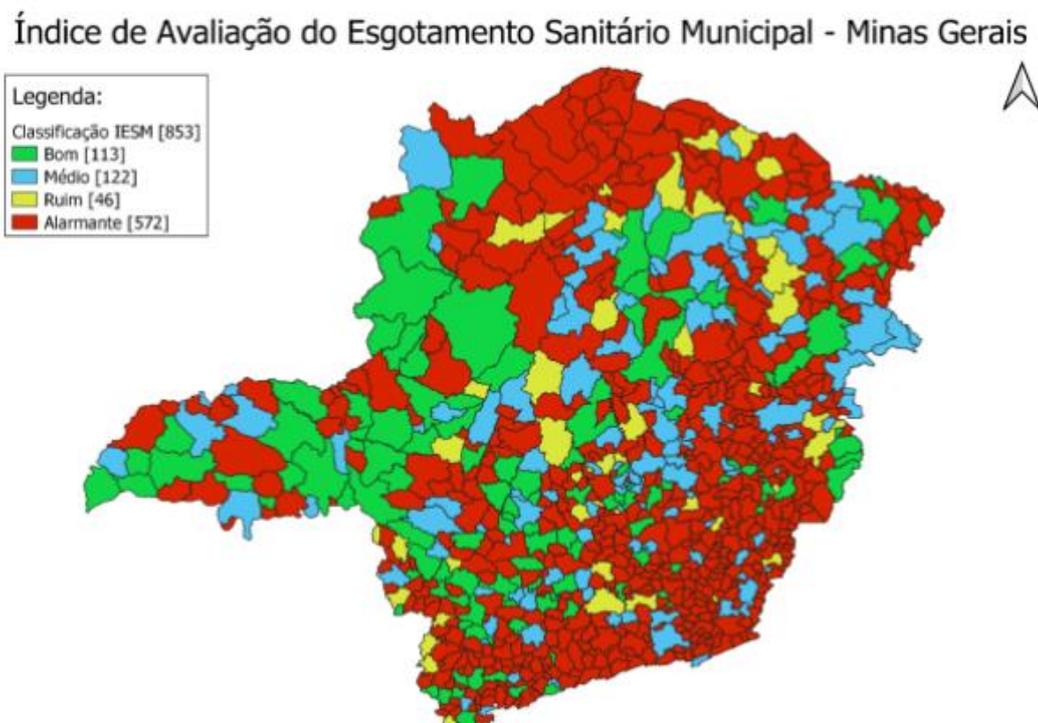
Figura 3. 5- Percentual da população urbana atendida por coleta de esgoto em Minas Gerais



Fonte - SEMAD (2022)

A Diretoria de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário (DAAES) é responsável por ações que incentivem a universalização do abastecimento de água e do esgotamento sanitário. É de responsabilidade da DAAES e da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) a publicação e atualização das informações desses nichos anualmente. Para avaliação da situação do esgotamento no estado, foi desenvolvido o Índice de Avaliação do Sistema de Esgotamento Sanitário Municipal (IESM) que tem como objetivo permitir a identificação dos municípios que demandam intervenções para melhoria dos serviços por prioridade. A classificação varia entre bom e alarmante. A partir da análise feita, é possível identificar que o estado possui 563 municípios em situação alarmante, 112 em estado bom, 46 municípios classificados como ruim e 123 municípios classificados com médio (Figura 3. 6). Logo, é explícito a necessidade de investimento financeiro para a promoção da melhoria no esgotamento sanitário do estado (SEMAD, 2022).

Figura 3. 6 – Mapeamento da qualidade do serviço de esgotamento sanitário dos municípios de Minas Gerais



Fonte - SEMAD (2022)

Ao se comparar Biquinhas com os demais municípios do estado de Minas Gerais, a cidade ocupa o 836º lugar de um total de 853 municípios nesta análise de acesso a esgoto. Além disso, apenas 2,3% dos domicílios urbanos da cidade apresentam acesso a vias calçadas com a presença de bueiros, pavimentação e meio-fio (IBGE,2010). Por ser um município pequeno e com a presença de moradores em região rural a implementação de uma rede coletora de esgoto tradicional seria de alto investimento, o que inviabiliza a obra, além de não atender a todos os moradores.

3.7. Disposição Adequada do Esgoto e Legislações Vigentes

A disposição adequada do esgoto vai de encontro com a promoção da saúde pública, já que consiste em uma forma de controlar a disseminação de doenças. Além do benefício para a saúde pública a contaminação do solo seria evitada assim como a de águas subterrâneas. Por consequência haveria o controle do saneamento ambiental no local, o que limitaria de forma significativa a transmissão de doenças e a evolução para cenários mais complexos e preocupantes (FUNASA, 2019).

Ao analisar, do ponto econômico e social, a disposição adequada do esgoto interfere de forma significativa. O descarte correto promove o aumento do tempo de vida, reduz o índice de mortalidade, reduz gastos com serviços de saúde, reduz a necessidade de investimento em tratamentos de águas mais específicos, além de preservar os ambientes aquáticos. Assim como os benefícios econômicos e sociais, o descarte correto do esgoto tratado promove benefícios ambientais uma vez que não altera a qualidade da água que recebe o efluente tratado, diminui as chances de eutrofização e assoreamento, e não altera o equilíbrio já existente da área que recebe o efluente (FUNASA, 2019).

O adequado tratamento de efluentes é relevante no cenário contemporâneo, não apenas em termos de preservação ambiental, mas também considerando os aspectos regulatórios e legais que regem essa prática. O cumprimento destas normativas não só garante a proteção dos recursos hídricos e do meio ambiente, mas também assegura a saúde pública e a sustentabilidade dos ecossistemas. Neste contexto, é fundamental compreender a ligação entre as exigências legais e a implementação de sistemas de tratamento de efluentes para atender aos parâmetros estabelecidos.

No contexto brasileiro, os critérios e normas para o descarte de efluentes foram definidos inicialmente pela Resolução CONAMA 357/2005, cujo conteúdo foi posteriormente atualizado por meio da Resolução CONAMA 430/2011. Essas resoluções estabelecem diretrizes específicas que regulam os padrões e condições a serem observados no lançamento de efluentes, garantindo a proteção ambiental e a preservação dos recursos hídricos (MOTA, 2023).

Em Minas Gerais, existem leis que supervisionam o descarte de efluentes. A Deliberação Normativa COPA/CERH nº 8, datada de 21 de novembro de 2022 e elaborada pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), é um exemplo. Esta normativa não apenas classifica os corpos d'água, mas também estabelece orientações para a categorização desses corpos hídricos. Além disso, ela define os critérios e padrões que devem ser seguidos para o descarte adequado de efluentes no ambiente (MOTA, 2023).

Dessa forma, é viável estabelecer entre as legislações tanto a nível federal quanto estadual qual os principais parâmetros analisados no que diz respeito aos efluentes domésticos. Essa abordagem visa identificar a eficácia dos métodos de tratamento adotados e se este está em

conformidade com o determinado nas legislações vigentes (Tabela 3. 2). Além disso, através desse acompanhamento, torna-se possível detectar áreas que demandam maior controle e atenção no que diz respeito ao tratamento e descarte dos efluentes (SILVA, 2020).

Tabela 3. 2 – Padrão de tratamento dos efluentes conforme a legislação nacional e estadual

| Parâmetro | Resolução CONAMA nº 430/2011 | COPAM/CERH nº 8/2022 |
|------------------|---|---|
| DBO | 60% | 60 mg/L* |
| DQO | - | 180 mg/L ** |
| pH | 5 - 9 | 5 - 9 |
| Temperatura (C°) | <40° (com variação permitida de <3° na zona de mistura) | <40° (com variação permitida de <3° na zona de mistura) |

Fonte – Adaptado de MOTA, 2023

De acordo com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 8/2022, a Demanda Bioquímica de Oxigênio* (DBO) exige uma remoção de até 60mg/L ou, no mínimo, 85%, com uma média anual de 90% para os demais sistemas. Em relação à Demanda Química de Oxigênio** (DQO), a redução pode atingir até 180mg/L ou requerer um tratamento com eficiência de redução de no mínimo 80%, com uma média anual igual ou superior a 85% para os demais sistemas (COPAM, CERH/MG, 2022).

3.8. Parâmetros de Caracterização físico-química dos efluentes

A caracterização química de efluentes desempenha um papel essencial na compreensão da composição e qualidade da água residual, sendo um fator crucial para uma gestão apropriada e tratamento eficaz desses resíduos. De forma geral, é possível afirmar que o efluente é composto por dois grandes grupos, sendo eles o de matéria orgânica e o de matéria inorgânica. Cerca de 70% da matéria presente no efluente é de origem orgânica. A matéria orgânica encontrada nos efluentes exibe uma ampla gama de substâncias, sendo caracterizado os principais componentes. Assim, para analisar o efluente são adotados indicadores, tais como o grau de oxidação e a concentração de carbono presente no efluente (KOLM, 2002).

3.8.1. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO é quantidade de oxigênio consumida por microrganismos durante a decomposição de matéria orgânica presente no efluente, logo é um indicador da presença de carga orgânica. É comumente expressada em mg de oxigênio por litro. A análise de DBO visa estimar a

biodegradação de poluentes presentes no efluente, esta demanda ocorre pela presença de substâncias orgânicas que são bioquimicamente oxidadas (KOLM, 2002).

Por convenção foi adotada a realização de testes de DBO com a duração de 5 dias, chamada de DBO₅, uma vez que as análises são longas, podendo ser superiores a 15 dias. Porém resultados de análises de 5 dias permitem informações sobre a qualidade do efluente analisado, que corresponde a DBO carbonácea (SANT'ANNA JR., 2013).

Efluentes domésticos apresentam uma variabilidade entre 100 e 400 mg/L de DBO decorrente do tipo de esgoto. A degradação da matéria orgânica ocorre em dois estágios, sendo o primeiro a oxidação da matéria carbonácea e o segundo ocorre a nitrificação, COMO é possível observar na Tabela 3.3 valores médios de DBO₅ para o esgoto doméstico (MARTINS, 2018).

Tabela 3.3- Valores médios de DBO₅ para o esgoto doméstico bruto.

| Matéria orgânica | Contribuição per capita (g/hab.d) | | Concentração | | |
|------------------|-----------------------------------|--------|--------------|---------|--------|
| | Faixa | Típico | Unidade | Faixa | Típico |
| DBO ₅ | 40-60 | 50 | mg/L | 250-400 | 300 |

Fonte - Adaptado de MARTIS, 2018

As amostras de DBO analisadas no período entre 8 e 15 dias possibilita a obtenção de informações quanto a decomposição de compostos nitrogenados. Em esgotos domésticos a DBO que corresponde a degradação de substâncias como amônia e nitrito é pequena, quando comparada a DBO carbonácea. Mesmo que não seja uma DBO tão significativa, a mesma não deve ser negligenciada (SANT'ANNA JR., 2013).

3.8.2. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) representa a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação química das substâncias presentes no efluente que são suscetíveis à reação de oxirredução. Em comparação com a DBO, a DQO tende a mostrar valores mais elevados. No entanto, quando o efluente analisado contém predominantemente matéria biodegradável, os valores finais geralmente se aproximam (KOLM, 2002).

A razão entre os valores de DQO/DBO₅ são um indicativo sobre a biodegradabilidade do efluente analisado. Segundo Marques (2018), valores dessa razão entre 1,5 e 2,5 indicam que os poluentes presentes no efluente são em sua maioria biodegradáveis. Já valores superiores a

5 podem indicar o domínio de poluentes não biodegradáveis. Essa interação permite analisar e implementar um tratamento para o efluente mais adequado. Para efluentes domésticos é observado uma variação de DQO entre 200 e 800 mg/L, conforme a Tabela 3.4. Quando o efluente apresenta resultados de DQO/DBO₅ baixos indica a maior presença de materiais biodegradáveis, o que permite a aplicação de um tratamento biológico (MARTINS, 2018)

Tabela 3.4 – Valores para DQO de efluente doméstico

| Matéria orgânica | Contribuição per capita (g/hab.d) | | Concentração | | |
|------------------|-----------------------------------|--------|--------------|-----------|--------|
| | Faixa | Típico | Unidade | Faixa | Típico |
| DQO | 80-120 | 100 | mg/L | 450 - 800 | 600 |

Fonte – Adaptado de MARTINS, 2018

3.8.3. *Potencial Hidrogeniônico e temperatura*

O Potencial Hidrogeniônico (pH) é um parâmetro utilizado para determinar a concentração de íons hidrogênio (H⁺). Ele desempenha um papel importante na indicação do caráter ácido, neutro ou alcalino de um efluente. Manter o pH dentro da faixa, entre 6 e 9, é essencial para promover uma maior biodiversidade. Isso é importante, uma vez que, contribui para o funcionamento dos processos de tratamento biológico. Ao efluente apresentar altas concentrações de íons hidrogênio H⁺ o tratamento biológico do mesmo pode ser comprometido (LOPES, 2015).

A medição contínua do pH desempenha um papel essencial no controle da quantidade necessária de reagentes para coagulação, bem como na manutenção e estímulo à proliferação de microrganismos, facilitando o processo de tratamento biológico. (ALMEIDA NETO, 2003).

A temperatura (T) influencia na capacidade de transferência de oxigênio e na sedimentação. A temperatura ideal para a atividade microbológica está entre 25° e 35°C. Para a troca de oxigênio quanto maior a temperatura menor será a concentração de oxigênio dissolvido (OD). Porém, temperaturas mais elevadas favorecem a sedimentação, pois ocorre a redução da viscosidade (RATIS, 2009)

3.8.4. Oxigênio dissolvido (OD)

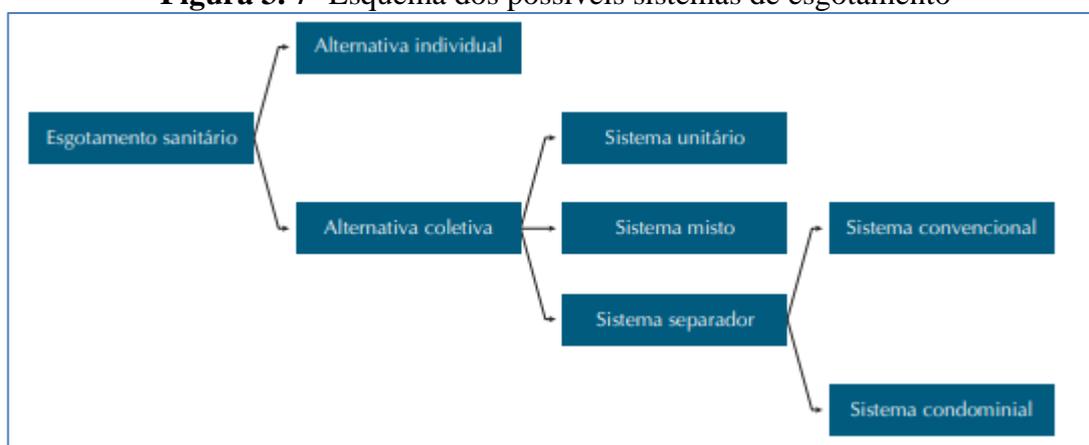
O oxigênio dissolvido (OD) é um componente essencial para a respiração aeróbica dos microrganismos. Sua solubilidade varia com a temperatura, sendo menor em águas mais quentes. A presença de oxigênio dissolvido é fundamental para a decomposição biológica eficiente da matéria orgânica. Portanto, a medição do OD não apenas serve como um indicador do grau de contaminação, mas também é crucial para avaliar o funcionamento adequado dos processos biológicos envolvidos no tratamento do efluente (LOPES, 2015).

3.9. As Alternativas de Tratamento Individualizado

Como foi analisado a implementação de redes coletoras e de tratamento de esgoto no estado de Minas Gerais não é um processo viável por motivos econômicos, físicos e sociais. Tendo em vista a problemática e os desafios empregados para o acesso e universalização deste componente do saneamento básico existem alternativas de coleta e tratamento de esgoto que podem ser implementadas de forma individualizada ou que atendam comunidades e regiões com menor concentração de pessoas (Figura 3. 7)

Com base no Manual de Saneamento da FUNASA (2019) existem alternativas individuais mais indicadas para cada tipo de residência. Devem ser analisados o local e as necessidades que devem ser atendidas para a escolha da melhor alternativa.

Figura 3. 7- Esquema dos possíveis sistemas de esgotamento



Fonte - FUNASA (2019)

Segundo Figueiredo (2019), a aplicação do conceito de sustentabilidade ao esgotamento sanitário, pode colaborar para a escolha de ações mais adequadas para o saneamento (Figura 3. 8). Sustentabilidade ambiental corresponde aos envolvimento de ações de preservação e

conservação dos recursos naturais, a redução da poluição, a mitigação das mudanças climáticas e a proteção da biodiversidade.

Figura 3. 8 – Aspectos da sustentabilidade que influenciam no saneamento

| Dimensão da sustentabilidade | Aplicação nas práticas de esgotamento sanitário |
|-------------------------------------|--|
| Ecológica | Busca de soluções que favoreçam o fechamento dos ciclos biogeoquímicos, a conservação de água e solo, a recuperação de energia e o reúso e reciclagem de materiais |
| Social | Busca de soluções acessíveis a todos, de forma equitativa |
| Econômica | Busca de soluções com custos aceitáveis e bem distribuídos e que possam gerar economia, trabalho e renda |
| Política | Busca por soluções que incluam a participação das pessoas na tomada de decisão e na gestão dos processos. Busca por processos que gerem compreensão da realidade e acesso às informações |
| Cultural | Busca por soluções que respeitem o contexto local, as práticas, história, valores e “modo de ser” da comunidade |

Fonte – FIGUEIREDO (2019)

3.9.1. Fossa Rudimentar

A fossa rudimentar consiste em poços e buracos abertos no solo, que não possuem impermeabilização, no qual destina-se todos os efluentes gerados de uma residência. Logo, essa fossa desenvolve o papel tanto de um tanque séptico como o de um sumidouro. Contudo, a fossa rudimentar não possui estrutura para receber a quantidade de efluente e promover o tratamento adequado para remoção de DBO, sólidos e matéria orgânica (MIYAZAKI, 2019)

Esse tipo de tratamento, muito adotado no Brasil, é precário e em sua maioria mal dimensionada e posicionada de forma incorreta. A matéria orgânica e a carga de patógenos é descartada diretamente no solo, o que favorece a percolação e o alcance dessa matéria em lençóis freáticos. Isso repercute por meio da contaminação por doenças infecto-sanitárias, sendo o principal motivo de internações de crianças no mundo (ISMAIL, 2023)

A eficiência de remoção de DBO de uma fossa rudimentar corresponde a cerca de 39%, o que não atende as legislações. O efluente final apresenta uma concentração de DBO cerca de 4 vezes maior do que indicado na literatura. Logo, esse sistema não deve ser adotado, uma vez

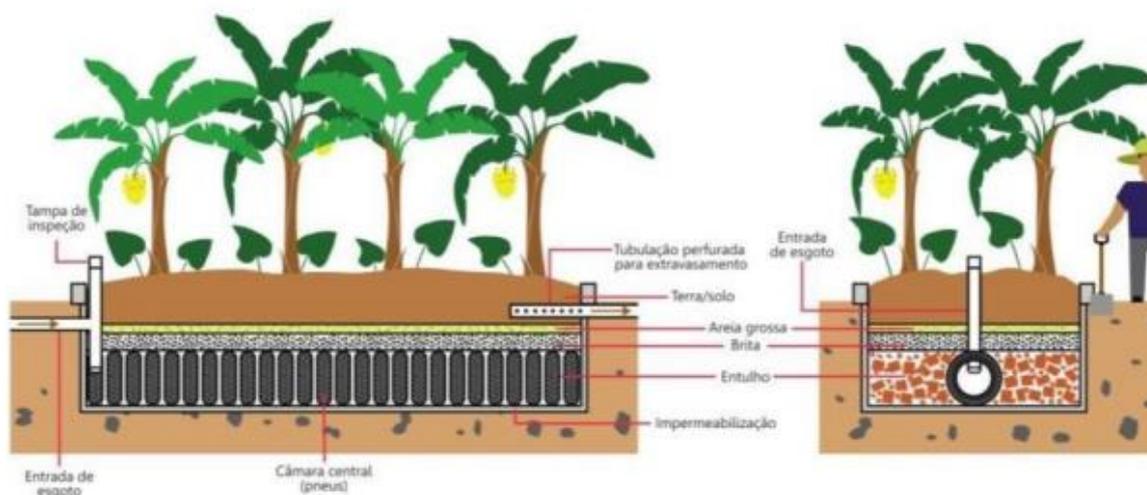
que contamina o lençol freático, interfere negativamente no ambiente e na saúde humana (ISMAIL, 2023)

3.9.2. Tanque de Evapotranspiração

O tanque de evapotranspiração (TEVAP) e círculo de bananeiras são alternativas que podem ser implementadas para aquelas residências que possuem abastecimento de água. O tanque de evapotranspiração (Figura 3. 9) também é conhecido como fossa verde, e consiste em uma alternativa que utiliza de processos de biorremediação vegetal para tratamento do efluente doméstico. Isso se dá, pois, o efluente destinado ao TEVAP é utilizado pelas plantas como fonte de nutrientes e água para o seu desenvolvimento (FUNASA, 2019).

Segundo Leal, Fernandes, Pereira (2013) o TEVAP pode ser enquadrado em uma alternativa de fácil construção, manuseio e manutenção e deve ser implementado para o tratamento de efluentes provenientes do vaso sanitário. Consiste em uma vala que possui altura fixa, podendo variar seu comprimento, com paredes impermeabilizadas. Seu interior é preenchido por uma sequência de materiais de diferentes granulometrias, que realizam o papel de um filtro anaeróbico. Logo, as plantas são as responsáveis pela absorção dos nutrientes, disponibilizados a partir da ação de microrganismos, e pela evapotranspiração da água.

Figura 3. 9- Ilustração do TEVAP



Fonte - FIGUEIREDO (2019)

Existem vários processos que ocorrem no TEVAP. O tratamento se dá pela decomposição da matéria orgânica por processos de fermentação, a partir da decomposição anaeróbica. Em

seguida se tem o processo de capilaridade no qual a água presente no efluente destinado ao TEVAP realiza o movimento ascendente, até as camadas superficiais do tanque alcançando as raízes das plantas, se separando dos demais componentes presentes no efluente (LEAL; FERNANDES; PEREIRA, 2013).

Por fim ocorre a evapotranspiração, que consiste na atividade realizada pelas plantas e solo, no qual é a saída da água do sistema por meio de vapor. O material considerado contaminante em nenhum momento é exposto ao ambiente (Figura 3. 9). Para este sistema existem plantas mais adequadas para utilização, como aquelas que apresentam folhas largas, demandam grande quantidade de água e nutrientes para o seu desenvolvimento. Estes fatores garantem que o TEVAP não será sobrecarregado ou possíveis transbordamentos (LEAL, 2014).

Quadro 3. 1- Etapas do tratamento do TEVAP

| | |
|---|--|
| Fermentação | Na primeira etapa, o efluente passa por um processo de decomposição através da digestão anaeróbia, possibilitada pela presença de bactérias no duto de pneus e nos espaços vazios disponíveis. |
| Capilaridade | Após o efluente ser direcionado para o tanque, a água presente não possui uma saída direta, sendo impulsionada a mover-se por capilaridade, ascendendo. É nesse processo que se desencadeia a filtração, à medida que atravessa todas as camadas do TEVAP, desde pedras de mão/cacos de telha até alcançar o solo, sendo absorvida pelas raízes das plantas. |
| Evapotranspiração | Essa fase representa o estágio final do tratamento, no qual a água direcionada ao TEVAP deixa o sistema na forma de vapor, livre de contaminantes. Este processo é viabilizado pelas plantas e pelo solo, posicionados na última camada do TEVAP. Além de absorver a água disponível, as plantas também absorvem os nutrientes, promovendo, assim, um desempenho otimizado da estrutura. |
| De modo geral, no TEVAP, ocorrem processos biológicos, químicos e físicos que favorecem o tratamento do efluente ali direcionado. Esses processos englobam a degradação anaeróbica, decomposição aeróbica, precipitação e sedimentação de sólidos, capilaridade, além da absorção de água e nutrientes. | |

Fonte – Adaptado de MACHADO, 2020

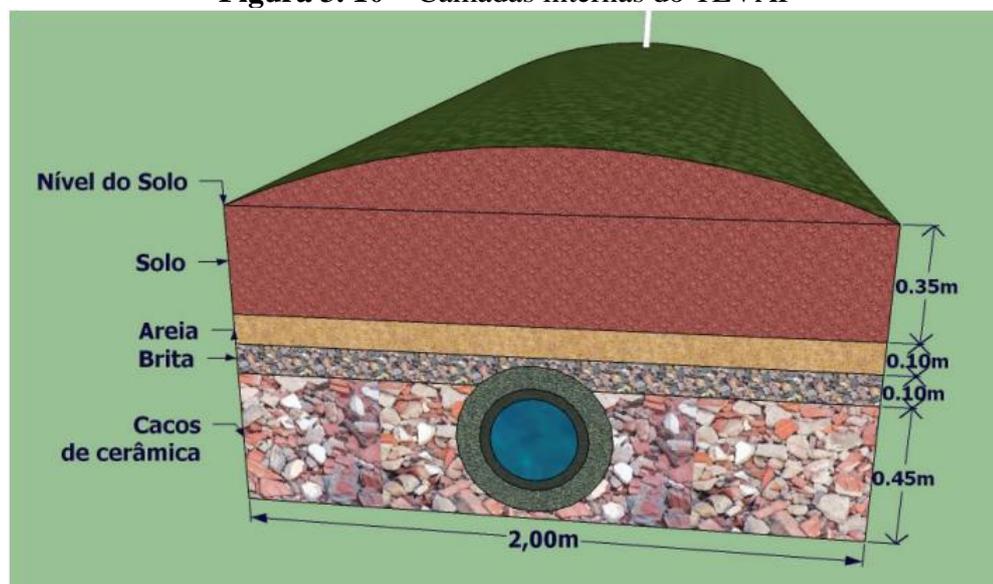
O TEVAP consiste em um sistema fechado, que não apresenta um efluente final, o que é um grande benefício para ser implementado em locais que apresentam limitações quanto a disposição final do efluente tratado ou alguma legislação que não permita. Outro fator relevante é quanto ao morador da residência não ter contato com o efluente gerado e permitir uma harmonia paisagística (FIGUEREDO, 2019)

No que diz respeito à construção deste sistema, existem duas abordagens viáveis: alvenaria convencional ou ferro-cimento. Ambas as técnicas asseguram a estanqueidade do TEVAP, contudo, é fundamental que recebam uma camada de impermeabilizante para garantir sua eficácia. Quanto ao duto de pneus, embora o método mais comum envolva seu uso, também é possível construí-lo utilizando tijolos. As camadas de preenchimento interno do TEVAP variam de acordo com a sua granulometria, sendo um material poroso e que permite espaços vazios para a reprodução de bactérias. Após a estruturação do duto de pneus a primeira camada corresponde a de pedras de mão ou cacos de telha, esta camada deve cobrir cerca de 90% da altura do pneu, cerca de 0,45m (MACHADO, 2020)

Para tanques construídos de ferro-cimento deve ser avaliado a altura do lençol freático na região. Isto porque em regiões de lençol freático raso, TEVAP de ferro-cimento não são indicadas, sendo necessário a construção das paredes e fundo do tanque de tijolos. Visando assim, a estanqueidade do tanque e impedir o contato do efluente com o lençol freático (LEAL, 2016)

Diminuindo assim as granulometrias das camadas, deve ser colocada a camada de brita, que deve ter 0,10m. Em seguida a camada de areia que também deve possuir uma altura dentro do tanque de 0,10m. Por fim deve ser disposto o solo, podendo ser aquele que foi retirado para a abertura da vala. Esta última camada deve apresentar a altura de 0,35m. Seu nivelamento final deve ser feito abaulado, a fim de garantir que águas externas não se acumulem no tanque(Figura 3. 10) (LEAL, 2014).

Figura 3. 10 – Camadas internas do TEVAP



Fonte – LEAL, 2016

As plantas indicadas para este sistema são aquelas que apresentam raízes ramificadas, folhas largas, de pequeno e médio porte, que realizam evapotranspiração com eficiência. Não é indicado o uso de plantas frutíferas, sendo as ornamentais, como copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*), maria sem vergonha (*Impatiens walleriana*), lírio do brejo (*Hedychium coronarium*) e heliconias espécies mais recomendadas para disposição no TEVAP. As características plantas adotadas devem ser atendidas, uma vez que, interferem de forma direta no funcionamento do TEVAP. Raízes ramificadas favorecem o acesso a todas as partes do tanque para absorção do nutrientes e da água. Folhas largas para melhor evaporação da água absorvida. Além disso, deve ser adotado diversidade de plantas para favorecer a absorção dos diferentes nutrientes disponíveis (LEAL, 2016).

3.9.3. Círculo de Bananeiras

Como o TEVAP é destinado para o tratamento do efluente do vaso sanitário, se faz necessário outro sistema para a coleta e tratamento dos demais efluentes domésticos, denominados de águas cinzas, são aquelas águas decorrentes do chuveiro, máquinas de lavar, pias e tanques. O Círculo de Bananeiras (Figura 3. 11) consiste em uma vala circular aberta no solo com profundidade de diâmetros definidos, preenchida por material palhoso, cercada de quatro a seis bananeiras (LEAL, 2016).

Figura 3. 11- Ilustração do Círculo de Bananeiras



Fonte – FUNASA (2014)

Antes das águas cinzas serem destinadas ao Círculo de Bananeiras, devem passar por uma caixa de gordura. Caso o efluente tenha presença de gordura, esse material interfere de forma

direta, pois impede a atuação do biofilme, provocando a impermeabilização da vala. Sempre que for observado que o nível do material palhoso da vala diminuiu, o mesmo deve ser repostado. Esta cria um ambiente favorável para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica presente no efluente (LEAL, 2016).

Esta tecnologia pode ser adotada para complementar o tratamento, por se tratar de uma estrutura que recebe águas cinzas de uma residência. O círculo de bananeiras pode ser adotado em conjunto do TEVAP ou da fossa biodigestor da Embrapa. Permitindo assim, que a residência promova o tratamento completo de todos os efluentes gerados, porém não existe a obrigatoriedade do uso em conjunto, seja TEVAP e círculo de bananeiras ou fossa biodigestor da Embrapa e círculo de bananeiras.

3.9.4. Fossa Séptica Biodigestora - Embrapa

A Fossa Séptica Biodigestora é composta de três caixas de água de fibra de vidro de 1000 litros, conectadas umas às outras. Essa alternativa é implementada para o tratamento do efluente doméstico de uma residência de até cinco pessoas. Assim como o TEVAP a fossa séptica biodigestora é utilizada para o tratamento do efluente proveniente do vaso sanitário, pois a presença de matérias como detergentes, shampoos, entre outros interferem de forma direta o desempenho da tecnologia (LEAL; FERNANDES; PEREIRA, 2013).

O funcionamento dessa fossa tem como base a ação de microrganismos anaeróbicos. A partir de um tempo de detenção adequado e temperaturas resulta em um ambiente adequado para a atuação dos microrganismos que consomem a matéria orgânica presente no efluente. Essa fossa para seu melhor desempenho demanda uma mistura de cinco litros de esterco bovino fresco com 5 litros de água. Este material é utilizado para potencializar a atuação das bactérias e assim aumentar a eficiência do tratamento (EMBRAPA, 2021).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2021) as duas primeiras caixas do sistema são destinadas para fermentação do sistema, no qual se tem a biodigestão anaeróbica (Figura 3. 12). Já a última caixa tem como função receber o efluente já estabilizado e dela será retirado para destinação final. A fossa apresenta uma estrutura modular que permite que sejam inseridas mais caixas, caso o volume de esgoto produzido seja maior. Devem ser mantidas as proporções para cada duas pessoas inseridas devem ser acrescidas uma caixa de 1000 litros. Outro ponto de observação é quanto ao volume das

caixas, o mesmo não pode ser alterado. Para domicílios em regiões rurais com menos de cinco pessoas também deve ser adotado sistema composto de três caixas de 1000 litros. Além disso, qualquer tipo de adaptações neste sistema pode comprometer seu uso, o que não é indicado.

Figura 3. 12- Desenho esquemático da Fossa Biodigestora da EMBRAPA

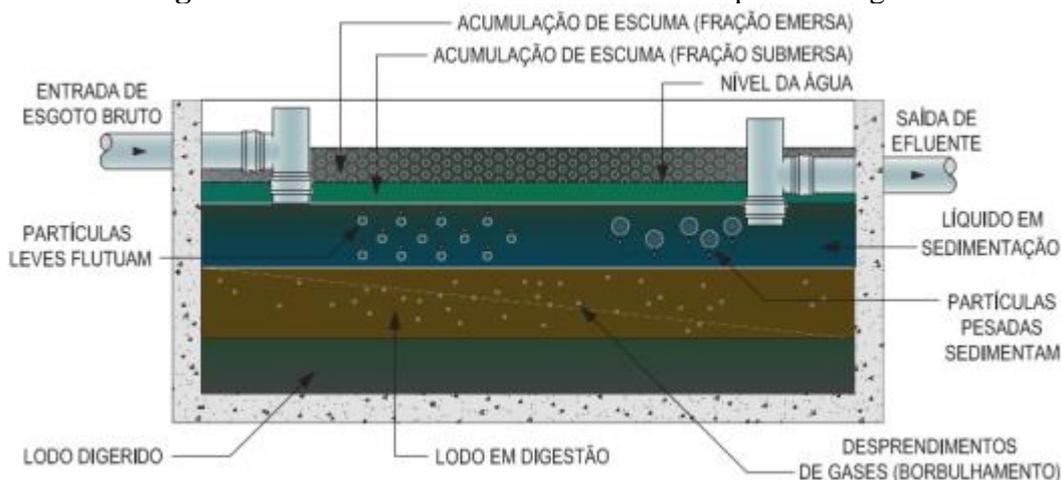


Fonte: LEAL; FERNANDES; PEREIRA (2013)

3.9.5. Sistema Fossa Séptica e Filtro biológico

Fossas Sépticas consistem em uma câmara fechada estruturada para receber todo o efluente de uma residência (Figura 3. 13). Dentro da fossa séptica, o efluente é exposto a uma ação de sedimentação e digestão anaeróbia. As substâncias mais densas, como os sólidos, se depositam no fundo da fossa, formando uma camada de lodo. Neste ambiente, ocorre a ação de bactérias anaeróbias que degradam a matéria orgânica presente. Sua operação é simples, esta alternativa gera um lodo, que deve ser removido com uma frequência estabelecida a partir da relação da quantidade de moradores e o volume da estrutura (FERNANDES, 2023).

Figura 3. 13 – Detalhamento de uma fossa séptica retangular

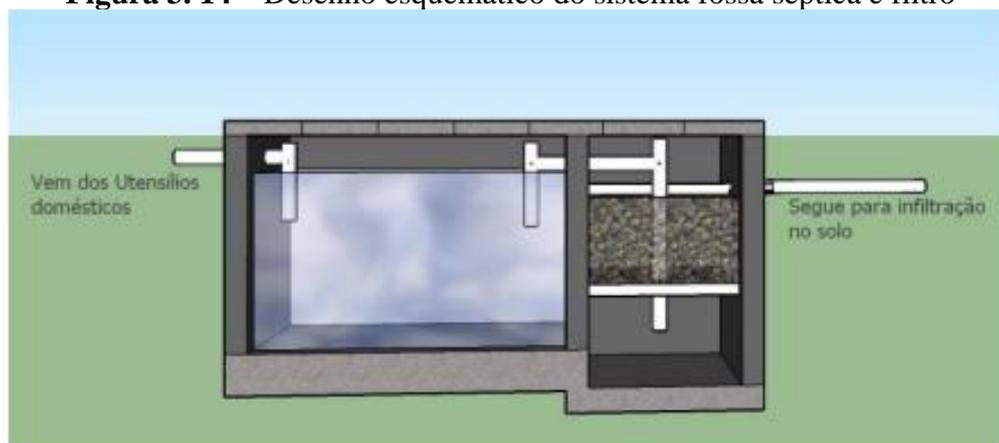


Fonte – TRES (2021)

Após a passagem pela fossa, o efluente líquido resultante passa para a segunda câmara, no qual ocorre uma última filtragem e decantação, para posteriormente ser liberado para o solo através de um sistema de drenagem ou vala de infiltração (Figura 3. 14). O leito filtrante presente no interior do filtro pode ser de brita ou outro material que promova a mesma ação. Deve ser viabilizado também o acesso para limpeza do filtro para a retirada do lodo acumulado. O efluente, após filtrado, é infiltrado no solo, no qual ocorre sua dispersão (FERNANDES, 2023).

A retirada do lodo dessas estruturas deve ser realizada por pessoas especializadas e que possuam os equipamentos adequados para tal ação. Assim como também destinar o lodo para o local adequado. Este sistema também pode ser construído em formato circular, normalmente adotados quando se tem necessidade de aproveitamento de área e disponibilidade de profundidade para a sua acomodação. Caso o terreno apresente lençol freático mais superficial é indicado que o sistema seja construído com material pré-fabricado, tipo polietileno, a fim de garantir estanqueidade do sistema (FUNASA, 2014)

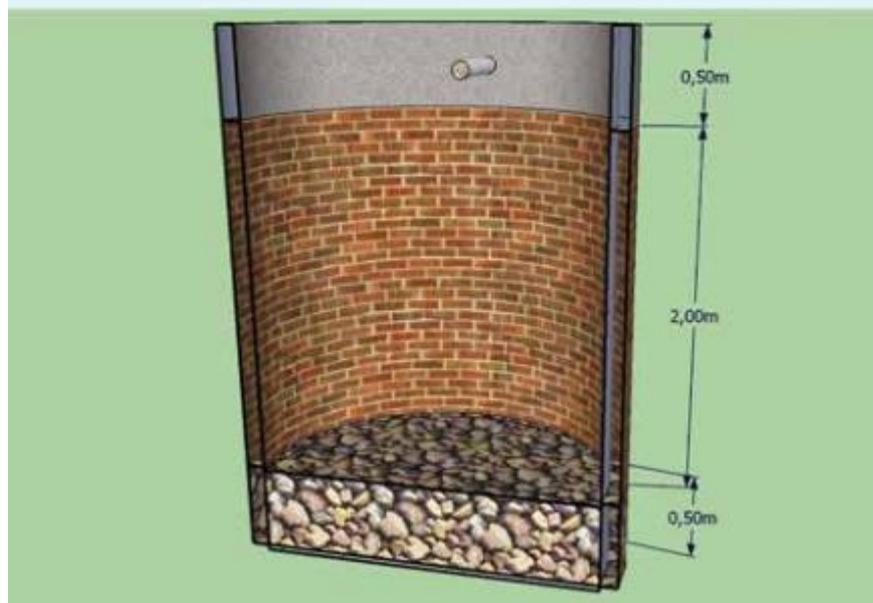
Figura 3. 14 – Desenho esquemático do sistema fossa séptica e filtro



Fonte – FUNASA (2014)

O efluente decorrente do filtro pode ser destinado a sumidouros ou valas de infiltração (Figura 3. 15). Essa estrutura deve ser revestida, porém, tem de permitir a infiltração em um tempo adequado para não provocar a saturação do solo, assim como também deve ser uma estrutura tampada.

Figura 3. 15 – Desenho esquemático da vista lateral do Sumidouro



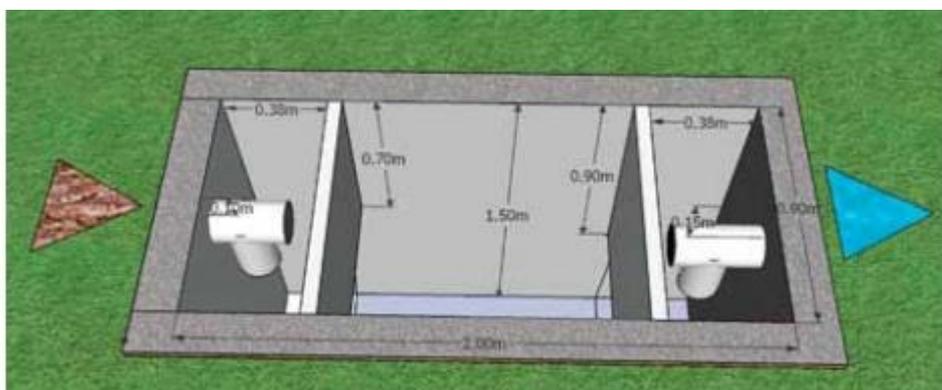
Fonte – LEAL, FERNANDES, PEREIRA (2013)

3.10. NBR 7229 – Projeto, Construção e Operação de Sistemas e Tanques Sépticos

A Norma Técnica NBR 7229 aborda toda a temática e disponibiliza as informações necessária para o desenvolvimento de projetos de construção e operação de tanques sépticos. Além disso, também aborda formas de tratamento e disposição de efluentes e lodos. (ABNT, 1993).

Tanques sépticos são alternativas muito utilizadas, uma vez que são de fácil implementação e não exigem mão de obra especializada para sua manutenção (Figura 3. 16). Essa alternativa pode receber efluentes de uma residência e é capaz de promover um tratamento adequado (TACHINI; ROHDEN; SPERNAU, 2018)

Figura 3. 16 - Desenho de um tanque Séptico



Fonte - LEAL; FERNANDES; PEREIRA (2013)

Segundo a NBR 7229, para o projeto de tanque séptico deve ser analisado a quantidade de pessoas que serão atendidas, 80% do consumo de água da residência. Além disso, o efluente deve permanecer por tempo mínimo de detenção de acordo com a Tabela 3. 5.

Tabela 3. 5- Período de detenção dos despejos

| Contribuição diária (L) | Tempo de detenção | |
|----------------------------|----------------------|-------|
| | Dias | Horas |
| Até 1500 | 1,00 | 24 |
| De 1501 a 3000 | 0,92 | 22 |
| De 3001 a 4500 | 0,83 | 20 |
| De 4501 a 6000 | 0,75 | 18 |
| De 6001 a 7500 | 0,67 | 16 |
| De 7501 a 9000 | 0,58 | 14 |
| Mais que 9000 | 0,50 | 12 |

Fonte – ABNT (1993)

3.11. NBR 13969 | Tanques Sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, Construção e Operação

A NBR 13969 oferece insumos técnicos que permitem a implementação de alternativas posteriormente a instalação de tanques sépticos. Essas alternativas são necessárias,

principalmente em regiões que não são atendidas por redes convencionais de coleta de esgoto, visando a preservação ambiental. Cabe ao executante a atenção as questões técnicas de construção para um dimensionamento adequado. Demanda atenção que quanto mais dissolvido o efluente maior será a demanda para seu tratamento (ABNT, 1997).

Esta NBR apresenta informações quanto aos parâmetros utilizados para a observação da eficiência do sistema implementado para tratamento do efluente. Dentre eles se tem a DBO, a DQO, Sólidos não filtráveis que consistem no material suspenso e que são contidos em processo de filtração; dentre outros parâmetros (ABNT, 1997).

São pontuadas diversas alternativas que podem ser implementadas como tratamento complementar ao tanque séptico. Logo, é necessário analisar todas as características locais a fim de definir qual a alternativa que mais se adequa as residências.

3.12. Definição Das Estruturas

A seleção de alternativas mais adequadas para o tratamento de efluentes domésticos em áreas rurais é importante, uma vez que, impacta não apenas a qualidade de vida dos residentes, mas também o meio ambiente circundante. Nesse contexto, é importante considerar uma série de fatores que incluem as características locais, as necessidades específicas da comunidade, que estejam em acordo com a cultura local, sejam técnicas de baixo custo e de fácil manutenção, assim como, estejam diretamente ligadas aos princípios da sustentabilidade ambiental (FIGUEIREDO, 2019).

A Fossa Séptica Biodigestora da Embrapa faz uso de processo de digestão anaeróbia para promoção da estabilização da matéria orgânica. Esse processo contribui de forma significativa para a redução de organismos patogênicos e estabilização de substâncias presentes no esgoto. Para que o processo seja desenvolvido de forma efetiva deve ser inserido na primeira caixa 10L de esterco de ruminante fresco, para potencializar a atividade microbiana local (EMBRAPA, 2007).

A utilização deste sistema também é indicada para locais que apresentam lençóis freáticos rasos, devido seu potencial de impermeabilidade durante o tratamento do efluente do vaso sanitário. Segundo estudos realizados pela Miyazaki (2021) o efluente final, após passar pelas 3 caixas, pode ser coletado e utilizado para irrigação. É afirmado pela EMBRAPA que este é rico em Nitrogênio, Fósforo e Potássio, e que seu uso minimiza o uso de fertilizantes

químicos e promove a adubação orgânica. Mesmo que este possua coliformes, ainda em sua etapa final, serão eliminados quando exposto a luz solar.

A presença de *E.Coli* é um indicador de presença de organismos patogênicos, e quando analisados quanto a promoção da saúde podem indicar um risco. Fora isso, alguns desafios ainda circundam esta tecnologia, como a operação e manutenção do sistema ser de responsabilidade do morador, no qual se expõe de forma direta no manuseio da estrutura, assim como de animais domésticos que transitam pelos locais em que o efluente pode ser descartado. Ademais, não fica explícito qual o intervalo de tempo em que após a irrigação com o efluente, que pode ser colhida as plantas para consumo, evitando assim a contaminação (MIYAZAKI, 2021).

De acordo com Figueiredo (2019) outro fator identificado quanto a uso das Fossas Sépticas Biodigestoras é o uso de esterco fresco para potencializar o tratamento do efluente. Foram realizados estudos e análises de laboratório para a identificação de parâmetros que permitissem avaliar a variabilidade do tratamento com ou sem o uso do esterco fresco. Ocorreram coletas na primeira e última caixa, para assim ser possível tal comparação. Segundo a autora, não identificou-se diferenças significativas que justificassem o uso do esterco de ruminante fresco, como pode ser observado na Tabela 3. 6

Tabela 3. 6– Valores médios dos parâmetros analisados para os efluentes da primeira e terceira caixa da Fossa Séptica Biodigestora da EMBRAPA

| Parâmetro | Com esterco | | | Sem esterco | | |
|----------------------------|-------------|-------|----------------------|-------------|-------|----------------------|
| | Entrada | Saída | Eficiência Média (%) | Entrada | Saída | Eficiência Média (%) |
| DBO (mg O ₂ /L) | 640 | 213 | 66,7 | 562 | 225 | 60 |
| DQO (mg O ₂ /L) | 1883 | 780 | 58,6 | 1724 | 895 | 48 |
| pH | 7,9 | 8,4 | - | 8,2 | 8,2 | - |
| SST (mg/L) | 955 | 180 | 81,1 | 389 | 121 | 68,7 |

Fonte – Adaptado de FIGUEIREDO (2019)

Em um estudo realizado por TONETTI (2019) da aplicação da Fossa Séptica Biodigestora na área rural do município de Campinas, foi observado o comportamento do sistema a partir de dois geminas: com adição do esterco fresco e sem a adição do esterco fresco. Com o resultado das análises, observou-se que a adição do esterco não promoveu alterações significativas para a remoção da DBO, DQO, nutrientes e patógenos indicadores de contaminação fecal. Além disso, o efluente final também apresentou altos índices de salinidade e concentrações de

E.coli, sendo estes parâmetros indicadores que o efluente resultante não é adequado para ser utilizado para irrigação, como é pontuado pela EMBRAPA.

Assim, é possível identificar alguns pontos de melhora quanto ao uso dessa tecnologia como levantado por Miyazaki (2021) e Tonetti (2019). Para o município de Biquinhas a implementação dessa fossa não seria indicada, uma vez que as residências 01, 02 e 03 não possuem interesse em recolher o efluente final para destinar a irrigação e não se sentiram seguras em utilizá-lo para esse fim. Ademais, todas as residências possuem animais domésticos e/ou a presença constata de crianças que transitam pelo quintal, o que poderia acarretar possíveis contaminações por patógenos.

A utilização de esterco fresco representa outro fator limitante para a implementação. O acesso a esse tipo de material pelos moradores das residências deste estudo não seria viável, dado que estão localizadas, onde a prática de manejo de gado nas proximidades dos já não é uma ocorrência comum. Dessa forma buscou-se no TEVAP uma possibilidade de tratamento mais indicada a realidade dos moradores.

No estudo desenvolvido Athaydes *et al.* (2022) foi implementado um tanque de evapotranspiração no município Campo Mourão/PR para atender 30 pessoas, sendo destinado a este sistema somente o efluente proveniente do vaso sanitário. A estrutura foi acompanhada por um período de 12 meses, sendo avaliado sua eficiência de tratamento por meio de duas coletas para análise de parâmetros físico-químicos: DBO, DQO, pH e Turbidez. Mesmo que a estrutura tenha apresentado dimensões não muito usuais das demais literaturas, sendo 5,00 x 1,50 x 1,50 m (11,25 m³), para receber uma contribuição diária de 3.000 a 4.500 litros, este TEVAP apresentou bons resultados de eficiência de tratamento quanto aos parâmetros analisados, o que pode ser observado na Tabela 3. 7. Além disso, TEVAP desse estudo não apresentou mau cheiro, entupimento, proliferação de vetores, que indicam que o sistema atendeu de forma adequada os usuários.

Tabela 3. 7– Resultado dos parâmetros analisados no estudo para o TEVAP.

| Parâmetro | Entrada | Saída | Eficiência (%) |
|----------------------------|---------|-------|----------------|
| DBO (mg O ₂ /L) | 328,6 | 43,9 | 86,64 |
| DQO (mg O ₂ /L) | 750,5 | 72,8 | 90,29 |
| pH | 7,39 | 7,1 | - |
| Turbidez | 1213 | 143 | 88,2 |

Fonte – Adaptado de ATHAYDES et al. (2022)

Em outro estudo analisado de Galbiati (2009) foram feitas análises físico-químicas após a implementação do TEVAP para atender a dois moradores. Observou-se que o sistema apresentou boa remoção de sólidos suspensos totais e turbidez, assim como para a DQO e a DBO. Foi pontuado que esta eficiência pode ser atribuída as camadas internas do TEVAP de brita, areia, solo e absorção por parte das plantas. Também foi pontuado, que esta alternativa de tratamento em períodos chuvosos pode apresentar alagamentos temporários, indicando assim a necessidade de a superfície do tanque ser construída de forma abaulada.

Galbiati (2009) destaca que, mesmo quando a estrutura está subdimensionada, os volumes excedentes não se mostram significativos em comparação com o volume do efluente que foi adequadamente tratado e destinado, sugerindo, portanto, que essa abordagem também pode ser aplicada em residências urbanas e periurbanas.

Coelho, Reinhardt e Araújo (2018) realizaram um estudo sobre a avaliação de 70 unidades de TEVAP implantadas no semiárido brasileiro, no município de Madalena pertencente ao sertão central do estado do Ceará. Dentro da realidade das moradias atendidas existiam aquelas com acesso a água encanada e casas sem rede de distribuição de água. Foram construídos dois tipos de TEVAP, no artigo é denominada de Módulo Fossa Verde (MFV), sendo em escalas padrão de $(2 \times 1,5 \times 1 \text{ m}^3)$ e grande $(3 \times 2 \times 1 \text{ m}^3)$. Constatou-se que essa tecnologia demanda pouca manutenção, sendo necessário uma limpeza em um intervalo de 5 anos e 4 meses. Além disso, foram feitas análises microbiológicas de vegetais comestíveis utilizados e apresentaram resultados aptos para o consumo.

Em estudo realizado por Moura *et al.* (2011) a partir da implementação de uma fossa séptica seguido de um filtro para tratamento de efluente domésticos, foi analisado a eficiência desse sistema e o aproveitamento do efluente para irrigação na área rural que se encontra a residência ocupada por oito pessoas. O sistema possuía caixa de passagem, tanque séptico, filtro com camada interna de brita, seguido do reator solar para a contenção de coliformes termotolerantes e por fim o sumidouro. A partir da coleta do efluente antes e depois do tratamento observou-se a redução nas concentrações de DBO com valores entre 65,65 a 88,33%, DQO variando entre 76 a 81,4% não foi identificado alterações quando a pH e condutividade elétrica (CE). O que resulta em um bom tratamento quanto a remoção de DBO e DQO.

A operação de sistemas compostos por tanques sépticos é simples. Devido a isso, em muitos casos a manutenção e limpeza desses tanques não ocorre com a frequência necessária, ocorrendo somente quando o mesmo apresenta alguma intercorrência. Além disso o lodo acumulado, quando retirado deve ser destinado ao um local correto, caso contrário todo o tratamento promovido ao efluente se perderá com o descarte do lodo de forma incorreta no solo ou em cursos d'água (FERNANDES, 2023)

Pela fossa séptica ser um tanque fechado, seguido de outras etapas de tratamento promove a remoção de sólidos, podendo chegar a uma remoção de sólidos suspensos (SS) e de óleos e graxas de até 90%. Além disso a remoção média de DBO chega a 55%. Este sistema também favorece a remoção de DQO e sólidos totais. É recomendado que o efluente permaneça no sistema pelo intervalo de tempo recomendado, uma vez que isso interfere de forma direta no processo de sedimentação dos sólidos. Aliado ao tanque se tem o filtro que também auxilia na remoção de DBO e DQO, e quando dispostos em conjunto podem chegar a uma eficiência de 95%. O autor ainda afirma que a implementação desse sistema em áreas rurais é eficiente, já que apresenta um custo moderado e remoção de SS e patógenos (PEREIRA, 2023)

Para Tres (2021) fossas sépticas podem apresentar um tratamento moderado. Isso devido à baixa eficiência na remoção de matéria orgânica, organismos patogênicos e sólidos. O tratamento consiste nas etapas de retenção do efluente, sedimentação, flotação de óleos e graxas, digestão do lodo e redução do volume de sólidos. Quanto maior o tempo de retenção melhor a predação dos organismos patogênicos do efluente final. Em média as eficiências observadas nesse sistema consistem em 19,60% de remoção de DBO, 50,65% de remoção de DQO, e 57,95% de remoção de Sólidos Suspensos Totais (SST) .

Considerando o levantamento e análise de dissertações e artigos que abordam a implementação dessas alternativas em contextos semelhantes às residências deste estudo, foi desenvolvido o quadro comparativo. Esse Quadro 3. 2 têm por finalidade avaliar os aspectos positivos e negativos das duas tecnologias de tratamento de efluentes domésticos.

Quadro 3. 2- Comparativo de pontos positivos e limitantes para a implementação destas alternativas.

| TEVAP | | Fossa Séptica Biodigestora | | Sistema Fossa Filtro e Sumidouro | |
|---|---|--|--|---|---|
| Prós | Contras | Prós | Contras | Prós | Contras |
| Eficiência no tratamento do efluente | Limitação quanto a variabilidade no uso das pessoas | Construção simples | Trata somente o efluente do vaso sanitário | Baixo custo de operação | Baixa eficiência na remoção de DBO, patógenos, sólidos e matéria orgânica |
| Estanqueidade | Sujeito a transbordar em dias de constante chuva | Não demanda conhecimentos técnicos para sua manutenção | Indicado o uso de esterco de ruminante fresco para melhorar a eficiência do processo | Atende uma residência para todos os efluentes gerados | Geração de lodo |
| Harmonia paisagística | Deve ser posicionado em locais arejados e com incidência de luz solar constante | Estanqueidade | As paredes das caixas entortam com o tempo, dependendo da qualidade do material | Não faz uso de energia elétrica ou de fatores externos para seu funcionamento | Necessidade de pessoas especializadas para a retirada do lodo |
| Baixa manutenção | Não indicado o uso de plantas comestíveis | Baixa manutenção | Presença de coliformes no efluente final | Sistema que pode ficar enterrado | Pós-tratamento para o lodo retirado. |
| Aproveitamento de materiais para o preenchimento das camadas internas | Trata somente o efluente do vaso sanitário | Mutirão para implementação | Deve ser implementado outra tecnologia para disposição final do efluente tratado | Pode ser construído de alvenaria, ferrocimento, ou estruturas pré-fabricadas | Demanda 3 estruturas para seu funcionamento. |

| TEVAP | | Fossa Séptica Biodigestora | | Sistema Fossa Filtro e Sumidouro | |
|---|---------|----------------------------|---|----------------------------------|---------|
| Prós | Contras | Prós | Contras | Prós | Contras |
| Não necessita mão de obra especializada para sua implementação e manutenção | - | - | Transbordamento da caixa de armazenamento caso o efluente não seja destinado a irrigação ou local final | - | - |
| Mutirão e envolvimento da comunidade para implementação | - | - | Baixa aceitação dos consumidores ao saberem que o alimento provem de uma irrigação decorrente da fossa. | - | - |
| Pode ser implementado o Círculo de Bananeira para receber águas cinzas | - | - | - | - | - |

Fonte – A autora (2023)

Com base nos artigos analisados, foram identificados valores médios de alguns parâmetros relacionados aos efluentes domésticos (Tabela 3. 8). Observou-se que, entre as alternativas estudadas, o TEVAP demonstra maior eficiência na remoção de DBO, DQO, SST e Turbidez. Atendendo aos critérios estabelecidos pela Resolução Federal CONAMA nº 430/2011 e pela Deliberação Normativa estadual COPAM/CERH nº 8/2022.

Tabela 3. 8 – Eficiência de alguns parâmetros segundo a Resolução CONAMA nº 430/2011 e COPAM/CERH nº 8/2022

| Parâmetro | Eficiência (%) | | | Resolução CONAMA nº 430/2011 | COPAM/CERH nº 8/2022 |
|----------------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------|
| | TEVAP | Fossa Biodigestora da EMBRAPA | Sistema Fossa, Filtro e Sumidouro | | |
| DBO (mg O ₂ /L) | 93,6 | 66,7 | 76,99 | 60 % | 60 mg/L |
| DQO (mg O ₂ /L) | 90,7 | 58,6 | 79 | - | 70 % (180 mg/L) |
| *pH | 7,76 | 8,4 | 7,02 | 5 – 9 | 5 – 9 |
| SST (mg/L) | 98,5 | 81,1 | 40,42 | - | 100 |
| Turbidez | 98,3 | 83,2 | 87,83 | - | <100 UNT |

Fonte – Adaptado de Figueiredo (2019), Moura et al. (2011), COPAM e CERH/MG (2022)

*Para o pH não foi considerado eficiência, mas os valores médios das análises e se as mesmas estão dentro da faixa apresentada nas resoluções.

O TEVAP atende as residências de forma adequada e segura. Ademais, promove o reaproveitamento de materiais de difícil descarte para o preenchimento das camadas internas, como os pneus, cacos de telha e restos de construção civil. Outro fator positivo desta alternativa para as demais, é quanto a minimização do descarte de efluentes no meio. Devido aos seus processos internos de sedimentação, capilaridade e evapotranspiração, não há descarte de nenhum efluente, como lodos ou águas para irrigação, sendo uma alternativa que possibilita estanqueidade.

O círculo de bananeiras é uma alternativa decorrente da permacultura. Quando implementada de maneira adequada as águas cinzas podem ser aproveitadas com segurança, e os nutrientes e produtos utilizados na higiene presentes na água são aproveitados pelas plantas e absorvidos no solo. A partir da instalação de um círculo de bananeiras em uma residência de 4 pessoas, com o plantio de 6 mudas de bananeira. Esse círculo foi observado no decorrer dos anos de 2020 e 2021, sendo levantado seu baixo custo de instalação e manutenção, o aproveitamento da água para irrigação, além da destinação correta do efluente que antes seria descartado sem os

devidos cuidados. Além disso, também ocorreu a diminuição do mau cheiro e melhora do aspecto visual REIS (2022).

Segundo o Manual de Saneamento da FUNASA o efluente deve ser encaminhado para um círculo de 2 metros de diâmetro e 1 metro de profundidade. É orientado a disposição ao fundo do círculo de uma camada de brita, para seu posterior preenchimento. As bananeiras são plantas com uma distância espaçada de 60 centímetros. Além disso, é informado que entre as mudas de bananeira podem ser plantadas mudas de mamão, lírios, ou mudas que tenham um porte menor. Adotando roçadas como manutenção do sistema (FUNASA, 2015).

Logo, para as residências deste estudo, indica-se a implementação do TEVAP para o tratamento do efluente do vaso sanitário e círculo de bananeiras para as demais águas da residência.

4. METODOLOGIA

4.1. Método de Abordagem

Este trabalho adotou como metodologia o estudo de caso. Esta foi adotada uma vez que, segundo Robert Yin, o estudo de caso consiste em uma investigação de uma ocorrência em uma condição real, em que o cenário da ocorrência ainda não está estabelecido. A partir desse entendimento do que corresponde o estudo de caso é possível inferir, que para o desenvolvimento do projeto, quando se trata de um estudo de caso ele não apresenta uma estrutura engessada ou definida, como outras metodologias. Yin determina que para a aplicação desta metodologia minuciosa quanto a etapa de investigação, passando por todas as etapas de determinação dos objetivos da pesquisa, coleta de informações e compilação dos dados e, por fim, a análise final e conclusão da investigação (YAZAN, 2016).

Da perspectiva do autor, o projeto de pesquisa de estudo de caso é composto por cinco elementos: questões de um estudo; suas proposições, se houver; sua(s) unidade(s) de análise; a lógica que une os dados às proposições e os critérios de interpretação dos resultados. Ao projetar a investigação, o pesquisador deve ter certeza de que esses componentes estão coesos e coerentes entre si. Yin dirige especial atenção ao quarto e ao quinto deles, os quais se referem ao planejamento dos passos da análise de dados. Ele também aconselha que os investigadores planejem, muito conscientemente e rigorosamente, estes “componentes menos bem desenvolvidos”, a fim de que sua investigação tenha uma base sólida nas operações de análise apud (YIN, 2002, p. 26) (YAZAN, 2016).

O estudo de caso é utilizado como método de abordagem pois esse apresenta caráter exploratório. Além disso, o estudo de caso pode ser aplicado em projetos que apresentam caráter descritivo, em que a observação do evento, sua frequência e o modo que são o objeto de pesquisa. Assim, o estudo de caso consiste em uma metodologia destinada a um fato específico que permite relacionar e investigar novas temáticas (SAMPAIO, 2022).

Logo, para o estudo de caso, é necessária uma revisão de literatura coesa e estruturada, abordando toda a temática que envolve a pesquisa. Somente após este momento de levantamento de informações gerais é possível dar sequência na etapa de coleta de dados. Para isso deve ser mantida a confiabilidade das informações em todo o decorrer do estudo (YAZAN, 2016).

Atrelado a isso, se tem o estudo de campo. Consiste em um tipo de pesquisa que se desenvolve a partir da realidade escolhida para observação. Assim, deve ser justificado a

escolha do local de estudo, como será a coleta de dados e a análise deles. Segundo estudos da UNISUL (2007) a estrutura do estudo de campo se dá nos seguintes tópicos:

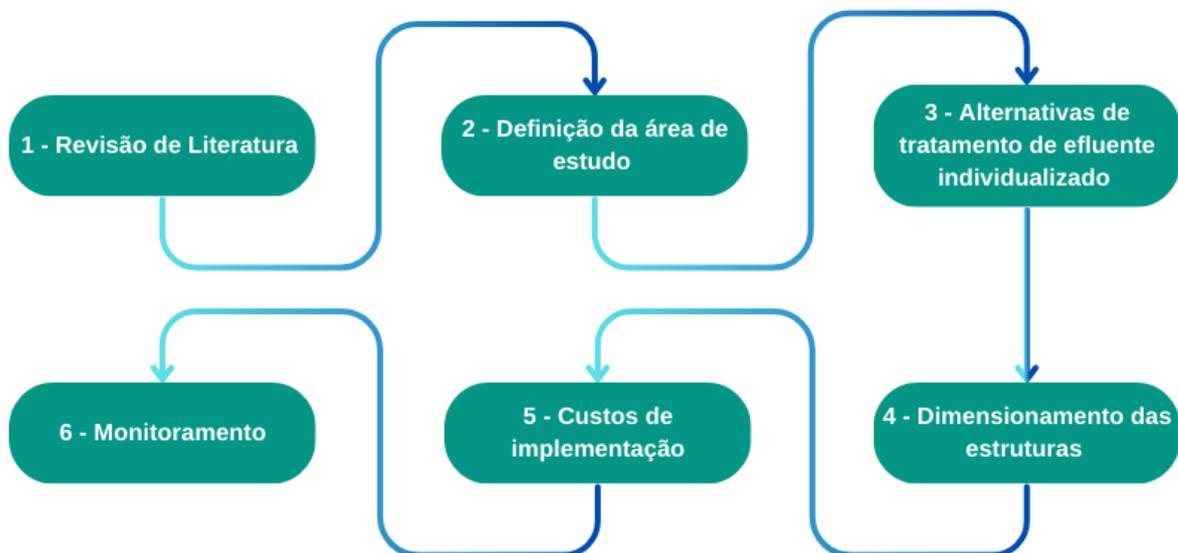
a) **Introdução:** Deve abordar o tema, objetivos, metodologia, além de apresentar o local escolhido para estudo de campo.

b) **Desenvolvimento:** Dividido em três partes sendo elas a fundamentação teórica que aborda a revisão de literatura; Caracterização do campo de pesquisa e coleta de dados, que consiste no momento de coleta de dados em campo e pode ser apresentado de forma expositiva e imagens feitas no local; Análise e interpretação dos dados que apresenta a conclusão do estudo de campo e se os objetivos foram contemplados.

c) **Conclusões e/ou recomendações:** Apresenta as observações finais do estudo, além de sugestões de novos processos ou atividades que podem ser implementadas.

O desenvolvimento de um fluxo metodológico eficaz desempenha um papel importante na condução de estudos, especialmente quando se trata de pesquisas que demandam coleta de dados em campo. Nesse sentido, a estruturação do fluxo (Figura 4. 1) para o presente estudo foi planejada com o objetivo de otimizar a eficiência na coleta de informações relevantes sobre o tratamento de efluentes domésticos. Este fluxo foi desenhado estrategicamente, levando em consideração etapas claras e sequenciais, visando facilitar a compreensão do processo de pesquisa, garantir a organização dos dados e promover uma análise abrangente e precisa.

Figura 4. 1 – Fluxo realizado para o desenvolvimento do estudo.



Fonte – A autora (2023)

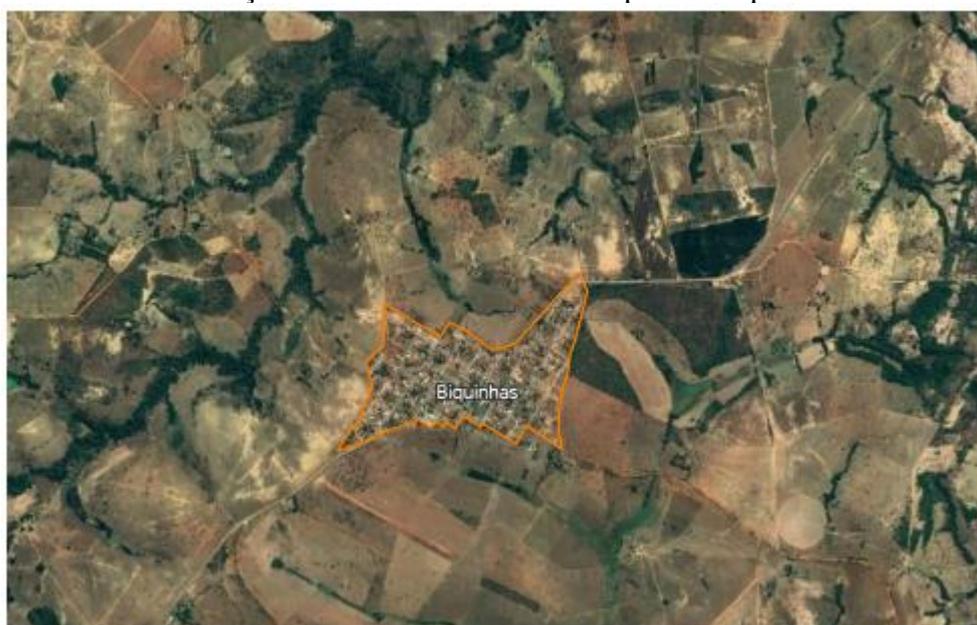
4.2. Área de Estudo

A ausência de sistemas de coleta e tratamento de esgoto em Biquinhas, assim como em muitas outras áreas rurais e pequenos municípios no Brasil, pode ser atribuída a uma combinação de fatores como recursos limitados, baixa densidade populacional, limitações técnicas, dentre outros. O desenvolvimento de projetos de tratamento de esgoto individualizado em pequenos municípios é importante para a promoção da saúde pública, proteção do meio ambiente, atendimento a regulamentações, melhoria da qualidade de vida, além de, impulsionar o desenvolvimento sustentável local.

Biquinhas é um município de Minas Gerais no qual apresenta 100% de seu território presente no bioma Cerrado (Figura 4. 2). Localiza-se a 284 km de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais. A cidade não apresenta Política Municipal de Saneamento Básico, contudo a Prefeitura Municipal declarou em 2020 que possui Plano Municipal de Saneamento Básico (INFOSAMBAS, 2023).

O termo Biquinhas é decorrente da formação de bicas de água limpa que, por volta do século XIX, eram utilizadas para coletar água. Esta foi a alternativa empregada pela comunidade da região para coleta de água em uma época de seca extrema na região, o que foi responsável por garantir, mesmo que de forma restrita, o acesso à água para os moradores (PREFEITURA DE BIQUINHAS, 2023).

Figura 4. 2 - Delimitação da área urbana do Município de Biquinhas - Minas Gerais



Fonte – Adaptado de Google (2023).

Para o desenvolvimento da pesquisa foi necessário o detalhamento e caracterização da região estudada, uma vez que as residências familiares do estudo estão presentes na região urbana e rural da cidade. A caracterização social, territorial e econômica do município permite melhor entendimento de como se dá o cenário do saneamento. Na Figura 4.3 é possível identificar os setores censitários utilizados pelo IBGE para censos e pesquisas estatísticas.

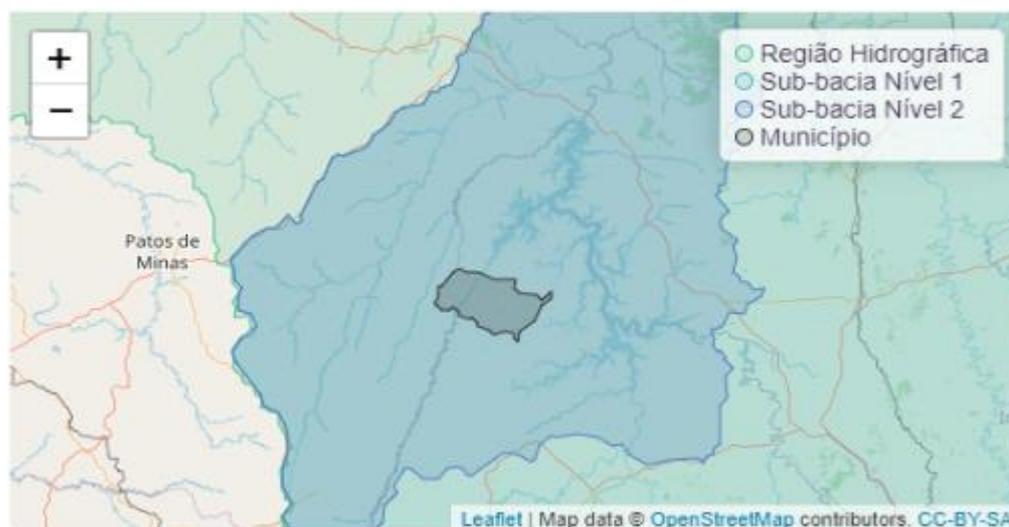
Figura 4.3 - Delimitação da área urbana do Município de Biquinhas adotada pelo IBGE.



Fonte: INFOSAMBAS (2023)

O município de Biquinhas possui abastecimento de água fornecido pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA. Sendo que, apenas cerca de 1,02% da população não possui acesso a água canalizada no domicílio ou terreno (IBGE, 2010). Além disso, o município encontra-se na sub-bacia Nível 1 São Francisco Alto, na sub-bacia Nível 2 São Francisco 02, ambas pertencentes à região hidrográfica São Francisco (Figura 4. 4). Segundo dados disponibilizados pela INFOSAMBAS (2023) o manancial de abastecimento do município se dá por forma subterrânea sendo classificado como um manancial não vulnerável, com índice de segurança hídrica máxima. No território do município tem-se como rios principais Rio Indaiá, Rio Sucuriú e Ribeirão da Extrema.

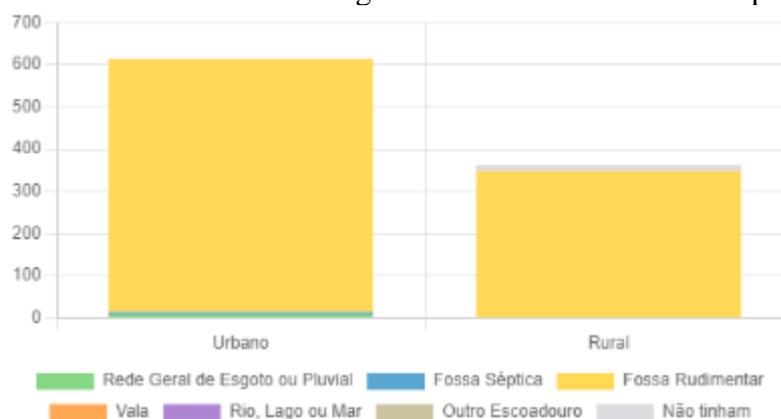
Figura 4.4 - Delimitação da região hidrográfica do Município de Biquinhas – Minas Gerais



Fonte - INFOAMBAS (2023)

Quanto ao esgotamento sanitário a responsabilidade pelo serviço é da Prefeitura Municipal de Biquinhas - PMB. Contudo, esse tipo de serviço não é ofertado uma vez que o índice de coleta de esgoto e de tratamento de esgoto são de 0,0%. No último Censo de 2010 realizado pelo IBGE observou-se que cerca de 600 residências na região urbana e 340 residências na região rural adotam como alternativa para coleta de esgoto a fossa rudimentar (Figura 4.5).

Figura 4.5 - Dados referentes ao esgotamento sanitário no Município de estudo



Fonte - INFOAMBAS (2023)

A escolha das residências foi decorrente ao acesso facilitado e autorização para a implementação do estudo. Totalizam 4 residências familiares que variam com cerca de 1 a 4 moradores (Figura 4.6). De forma inicial foi feita a visita para explicação do projeto, aplicação de questionário com questões previamente determinadas que permitam a coleta de informações sobre a realidade da residência que estão diretamente ligadas a temática do estudo. O segundo momento da visita foi direcionado para entender como é o funcionamento

atual de tratamento que adotada na residência e investigar dentre as alternativas para tratamento de efluente doméstico estudadas nesta pesquisa, no momento do levantamento bibliográfico, as que melhor se encaixam dentro da realidade das famílias. Durante a visita foram feitos registros fotográficos dos locais e medições para auxiliar no dimensionamento das estruturas que indicadas.

Figura 4. 6 - Residências na região urbana indicadas para o estudo



Fonte - Adaptado de Google (2022).

Embora as residências estejam localizadas na parte urbana, a essência rural da região é evidente. Essa dualidade sugere a presença de sistemas de tratamento de esgoto individualizados e específicos para áreas rurais. A coexistência desses aspectos permite uma análise mais abrangente e complexa, já que a cidade enfrenta desafios distintos no que diz respeito ao saneamento. São residências que apresentam grandes áreas de terreno e uma dinâmica característica de área rural.

4.3. Alternativas para implementação

Para a seleção das alternativas a serem implementadas nas residências, realizou-se uma análise com base em critérios específicos. A partir de um levantamento das alternativas disponíveis na literatura pertinente ao estudo, bem como em conformidade com as normativas NBR 7229 e 13969, estabeleceu-se parâmetros para avaliar as opções com base nos seguintes critérios descritos no Quadro 4. 1.

Quadro 4. 1- Parâmetros analisados para a escolha das alternativas de tratamento de esgoto doméstico.

| Critério | Justificativa |
|--|--|
| Custo de implementação. | O município de Biquinhas possui uma população que não apresenta condições de investir altos valores em alternativas de tratamento de esgoto, ou que a mesma dependa de um investimento alto para a sua manutenção. |
| Complexidade de construção e operação. | Busca-se o envolvimento da população na construção das alternativas, logo, se faz necessário que a tecnologia indicada não dependa de uma mão de obra qualificada, que sua operação seja simples, gerando o menor custo possível ao morador. |
| Uso de água ou outro elemento para promoção do tratamento do efluente. | O material utilizado, seja para construção ou manutenção do sistema, deve ser de fácil aquisição |
| Tecnologias pouco implementadas. | Para a implementação da alternativa se faz necessário que ela seja ênfase em pesquisas acadêmicas, com eficiência comprovada e já tenham sido implementadas em outras localidades. |
| Atendimento a uma residência de forma adequada. | Neste estudo, busca-se alternativas para o tratamento individualizado para residências unifamiliares |

Fonte – A autora (2023)

Esses critérios são fundamentais para garantir que as alternativas selecionadas atendam às necessidades das residências rurais, considerem a viabilidade financeira, promovam a preservação ambiental, e sejam acessíveis e culturalmente apropriadas. É importante lembrar que a escolha final requer um processo colaborativo que envolva a comunidade e autoridades locais. Assim, o objetivo é determinar as alternativas de esgotamento doméstico que não apenas resolvam os desafios de saneamento, mas também promovam a saúde, a sustentabilidade no município, garantindo que o tratamento de esgoto seja eficaz e benéfico para todos.

4.4. Dimensionamento das Estruturas Indicadas

O dimensionamento das estruturas se deu a partir da visita e coleta de dados. Além disso, as alternativas escolhidas atenderam a quesitos de segurança, garantia de tratamento do efluente e o descarte correto. Isso só foi possível a partir das informações coletadas em campo e disponibilizadas pelos moradores.

Com auxílio das orientações técnicas, disponibilizadas pela EMATER-MG, pelo Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) e as diretrizes do Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas e Projetos para Sistemas de Esgotamento da FUNASA foram definidos as alternativas e o dimensionamento da estrutura. Utilizando o software para os cálculos e desenhos.

Para o dimensionamento das estruturas foi necessário a definição do volume de produção do efluente. Este é definido a partir da fórmula abaixo (Equação 4. 1), obtida a partir do Manual de Saneamento da FUNASA, 2019 que vai de encontro com as normas da ABNT NBR 7229 e NBR 13969. O volume é obtido por:

$$V = 1000 + N(C.T + K.L_f) \quad (\text{Equação 4. 1})$$

Em que:

V= volume útil (Litros)

N= número de pessoas ou contribuintes para o sistema

C= contribuição de esgoto por dia (Litro/pessoa X dia) – (Tabela 4. 1)

T= período de detenção (dias) – (Tabela 3. 5)

K = taxa de acumulação de lodo (equivale ao tempo de acumulação de lodo fresco) - (Tabela 4. 2)

L_f = contribuição de lodo fresco (Tabela 4. 1)

Tabela 4. 1 - Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf)

| Prédio | Unidade | Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf) | |
|--|----------|--|------|
| | | C | Lf |
| 1. Ocupantes permanentes | | | |
| residência padrão alto | pessoa | 160 | 1 |
| residência padrão médio | pessoa | 130 | 1 |
| residência padrão baixo | pessoa | 100 | 1 |
| hotel (exceto lavanderia e cozinha) | pessoa | 100 | 1 |
| alojamento provisório | pessoa | 80 | 1 |
| 2. Ocupantes temporários | | | |
| fábrica em geral | pessoa | 70 | 0,3 |
| escritório | pessoa | 50 | 0,2 |
| edifícios públicos ou comerciais | pessoa | 50 | 0,2 |
| escolas (externatos) e locais de longa permanência | pessoa | 50 | 0,2 |
| bares | pessoa | 6 | 0,1 |
| restaurantes e similares | refeição | 25 | 0,1 |
| cinemas, teatros e locais de curta permanência | lugar | 2 | 0,02 |

| Prédio | Unidade | Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf) | |
|---------------------|-----------------|--|---|
| | | | |
| sanitários públicos | bacia sanitária | 480 | 4 |

Fonte – ABNT (1993)

Tabela 4. 2 - Taxa de acumulação total de lodo (K)

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

Fonte – ABNT (1993)

4.5. Custo de construção

A determinação dos valores necessários para a construção de uma alternativa de tratamento de efluentes domésticos em uma residência em zona rural é uma etapa importante neste estudo. Os dados financeiros fornecem a base para avaliar a viabilidade das opções, bem como para planejar o investimento necessário para a implementação, visando adequar de acordo a realidade dos moradores do município.

Neste contexto, a metodologia empregada para o levantamento dos custos associados à construção das alternativas em análise, aconteceram por meio de pesquisas em sites de empresas especializadas na venda de produtos de construção civil, assim como em consultas a depósitos de construção civil.

5. RESULTADOS E DISCUSÃO

Para a realização do presente trabalho foi feita visita nas residências participantes, para o melhor entendimento da problemática a respeito da destinação do efluente gerado nas residências. Além disso, foram feitas a coleta de informações e imagens para melhor representar a situação atual.

5.1. Análise do Plano Municipal de Saneamento Básico

A partir do contato realizado na Prefeitura do Município de Biquinhas, foi disponibilizado o Plano Municipal de Saneamento Básico que abrange as atividades de abastecimento de água e esgotamento sanitário. O acesso a este documento foi possível apenas a partir da visita feita a prefeitura, o mesmo não está disponível para acesso em outros meios, o que não condiz com o intuito do documento, que deve ser de livre acesso da população.

O Plano foi implementado a partir do Decreto Municipal nº 34 de março de 2021, ele foi estruturado com base nas diretrizes da Lei Federal nº11.445/2007, contudo ficou estabelecido no prazo de 90 dias a realização de um levantamento detalhado para adequação a Lei Federal nº14.026 de 15 de julho de 2020.

Conforme o plano, o município possui atendimento de 98% no que se refere ao fornecimento de água, realizado pela COPASA. O sistema de coleta de água se vale de mananciais subterrâneos, envolvendo a utilização de três poços, que, em conjunto, apresentam uma capacidade de vazão de 10,3 litros por segundo, operando durante 12 horas diárias. A água captada passa por um processo de tratamento que inclui cloração e fluoretação, sendo, então, armazenada em um reservatório antes de sua distribuição subsequente.

No momento, Biquinhas não possui qualquer sistema público de coleta e tratamento de esgoto sanitário. Os imóveis estão equipados com fossas sépticas ou rudimentares, as quais, quando atingem sua capacidade máxima, são esvaziadas por caminhões de sucção de esgoto, um serviço provido pela Prefeitura. Com base no Acordo Judicial estabelecido com a Vale para a completa reparação dos danos causados pelos rompimentos das barragens B-I, B-IV e B-IVA no Córrego do Feijão, está sendo analisada a implementação de um sistema de coleta e tratamento de esgoto em todo o perímetro urbano.

No que diz respeito à saúde pública, o Plano Municipal de Saneamento descreve que a cidade enfrenta um número relevante de internações e atendimentos hospitalares relacionados a doenças infecto-sanitárias. Essa situação pode ser atribuída à carência de serviços públicos de saneamento básico. Com base nessas análises, foram estabelecidas metas de 100% de cobertura no fornecimento de água nos próximos 30 anos, iniciar imediatamente a implementação de medidas de proteção para o lençol freático e mananciais, além de buscar parcerias público-privadas para viabilizar a expansão do sistema de esgotamento sanitário a fim de atender a toda a cidade.

As ações atribuídas para atingir as metas nos quesitos de abastecimento de água e esgotamento sanitário foram a avaliação da situação, dimensionamento e funcionamento das unidades, além da identificação da quantidade de problemas encontrados para assim ser possível propor soluções adequadas as metas estabelecidas. A fim de avaliar essas problemáticas foram estabelecidos no Plano de Saneamento de Biquinhas análises da qualidade da água, indícios de perda do sistema e atendimento a serviços.

É possível identificar que o Plano Municipal de Saneamento de Biquinhas possui pontos de melhora a fim de garantir que os aspectos levantados promovam com eficiência a gestão adequada dos recursos assim como o bem-estar da população. O mesmo não aborda quanto a gestão dos resíduos sólidos e drenagem urbana. Apenas a meta de atendimento a abastecimento de água possui um prazo definido. As informações de levantamento para diagnóstico da situação atual poderiam ser mais detalhadas, como a apresentação de fato de números que indiquem a contaminação por doenças infecto-sanitárias.

O atual Plano Municipal de Saneamento de Biquinhas apresenta deficiências significativas na compilação e análise de dados para a eficiente gestão dos serviços básicos de saneamento. Em particular, a ausência de informações detalhadas e estatísticas precisas sobre o esgotamento sanitário e seus impactos constitui uma lacuna crítica. A falta de levantamentos abrangentes e análises aprofundadas compromete a avaliação precisa das necessidades e da eficácia das políticas e infraestruturas existentes. A inexistência desses dados fundamentais não apenas limita a formulação de estratégias embasadas, mas também prejudica a capacidade de planejar e implementar ações concretas para a melhoria dos serviços de saneamento, impactando diretamente na qualidade de vida e saúde da população local.

Outro ponto importante é quanto a atualização do Plano com a mais nova legislação, a Lei Federal nº14.026 de 15 de julho de 2020. Não foi disponibilizado documento atualizado para análise e observações de melhora, a partir do Marco Legal do Saneamento. Além disso, não foi possível obter informações quanto o andamento do projeto de implementação de tratamento de esgoto a ser implementado na região.

5.2. Levantamento de informações das Residências

Biquinhas não possui um sistema centralizado para coleta e tratamento do esgoto doméstico. Nesse contexto, a proposição de alternativas individualizadas possui destaque como uma solução viável e eficaz. No entanto, a efetividade desses sistemas depende das características e das necessidades específicas das residências em questão.

Para compreender melhor o impacto e a aplicabilidade destas alternativas de tratamento de esgoto doméstico, foi necessário considerar as particularidades das residências envolvidas em nosso estudo. Parâmetros como tamanho da área construída, ocupantes da residência, o perfil socioeconômico dos moradores e a disponibilidade de espaço para a instalação, desempenham um papel importante na avaliação da viabilidade e eficácia do tratamento proposto. A quantidade de moradores nas residências deste estudo (Tabela 5. 1) é diferente, o que implica diretamente na escolha da estrutura a ser implementada. Atualmente, todas as residências deste estudo fazem uso de fossa rudimentar .

Tabela 5. 1 - Quantidade de moradores nas residências do estudo

| Residência | Nº de moradores |
|--------------|-----------------|
| Residência 1 | 1 |
| Residência 2 | 2 |
| Residência 3 | 5 |
| Residência 4 | 2 |

Fonte – A autora (2023)

Durante as visitas às residências, que correu entre os dias 12 a 15 de outubro de 2023, foram coletadas informações relacionadas ao consumo de água, hábitos adotados em casa e quais as ações implementadas atualmente quanto ao efluente gerado. Na Residência 01 (Figura 5. 1) observou-se uma notável variação no consumo de água nos últimos três meses, a partir da análise da conta de água. Isto pode ser atribuído, em parte, à presença de visitantes familiares nos fins de semana e feriados, resultando em picos esporádicos de consumo. A quantidade de

água consumida está diretamente associada à geração de efluentes pelas residências (Tabela 5. 2), um fator importante a ser considerado na escolha da alternativa mais adequada.

Figura 5. 1 – Vista lateral da Residência 1



Fonte – A autora (2023)

Tabela 5. 2 – Volume médio de água consumida nas residências de acordo com a fatura de água emitida pela COPASA

| Residência | Volume (m ³) | | | Consumo diário (L/dia) | | | Consumo médio dos meses analisados (L/dia) |
|--------------|--------------------------|----------|---------|------------------------|----------|---------|--|
| | Agosto | Setembro | Outubro | Agosto | Setembro | Outubro | |
| Residência 1 | 7 | 10 | 3 | 233 | 303 | 100 | 212 |
| Residência 2 | 10 | 12 | 10 | 333 | 363 | 333 | 343 |
| Residência 3 | 19 | 22 | 24 | 633 | 687 | 774 | 698 |
| Residência 4 | 9 | 12 | 11 | 300 | 363 | 366 | 343 |

Fonte – A autora (2023)

A residência 01 possui dois banheiros, sendo o efluente gerado no vaso destinado diretamente a uma fossa rudimentar . Os efluentes originados da pia da cozinha, tanques, pia dos banheiros passam por uma caixa de gordura, e são encaminhados para a mesma fossa. No dia da visita foi possível observar a limpeza da caixa de gordura, uma vez que a mesma apresentou vazamentos (Figura 5. 2). Observou-se que o ralo da pia da cozinha estava sem proteção, para contenção de restos de alimentos no momento da lavagem, isso pode ter contribuído para a colmatação da caixa de gordura sendo necessário a intervenção.

Figura 5. 2 – Caixa de gordura da Residência 01.



Fonte – A autora (2023)

No momento da visita, em conversa com o morador, foi informado que no ano de 2014, a varanda foi construída sobre a fossa, que, por vezes, também é usada como garagem. No entanto, essa prática não é recomendada, considerando que a fossa possui uma estrutura rudimentar que não é adequada para suportar grandes cargas. Além disso, qualquer sistema de tratamento de efluentes adotado deve ser projetado de modo a permitir acesso fácil, seja para manutenção ou monitoramento. Portanto, é essencial que o posicionamento da estrutura seja cuidadosamente planejado para reservar essa área exclusivamente para acomodar a tecnologia de tratamento escolhida.

A residência 2 (Figura 5. 3) não possui caixa de gordura para passagem do efluente gerado na cozinha. Tem-se apenas um do banheiro e o efluente é destinado a uma fossa rudimentar . Esta casa é a que apresenta menor variabilidade de consumo de água nos meses analisados (Tabela 5. 2), isso devido a constância no número de moradores semanalmente. O efluente recolhido das pias e tanques são destinados para o terreiro, como pode ser observado na Figura 5. 4.

Figura 5.3 – Vista do quintal ao fundo da Residência 02



Fonte – A autora (2023)

Figura 5.4 – Vista lateral da residência 02

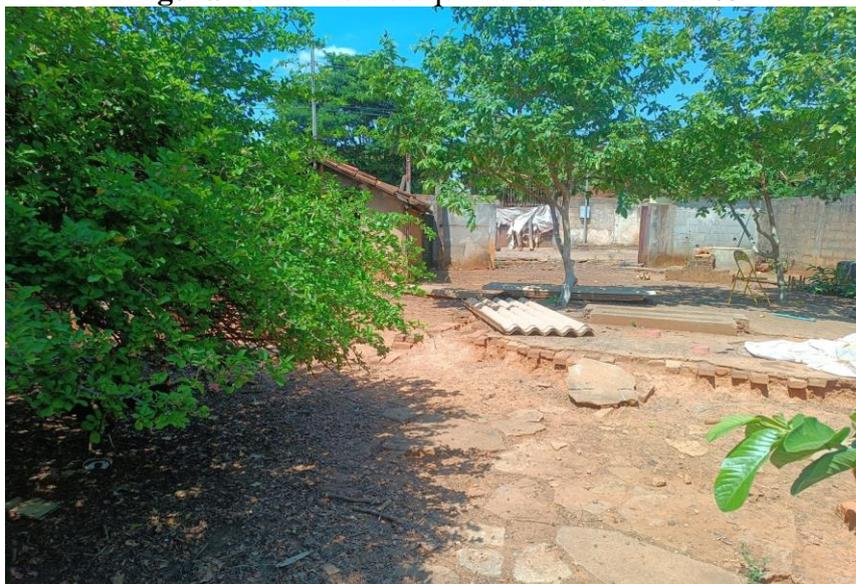


Fonte - A autora (2023)

A residência 3 (Figura 5.5) acomoda um número significativo de moradores, refletindo-se em um consumo de água (Tabela 5.2) mais elevado em comparação com as demais casas deste

estudo. A moradora informou que a residência possui duas fossas rudimentares: uma exclusivamente destinada ao recebimento dos efluentes do vaso sanitário e a outra para acomodar os demais efluentes, que passam por uma caixa de gordura antes de seguirem para o destino final. Vale ressaltar que as águas provenientes dos tanques de lavar roupa são direcionadas diretamente para o solo por meio de um cano, como pode ser observado na Figura 5.6. A habitação está equipada com um único banheiro que possui um vaso sanitário com caixa acoplada, possibilitando o controle do volume de água utilizado em cada descarga.

Figura 5.5 – Vista do quintal da Residência 03



Fonte – A autora (2023)

Figura 5. 6 – Vista da deposição do efluente do tanque diretamente no solo na Residência 03



Fonte – A autora (2023)

A Residência 04 (Figura 5. 7) conta com dois moradores e faz uso de uma fossa rudimentar para recebimento e descarte do efluente gerado. A mesma não possui caixa de gordura como pré-tratamento do efluente das pias, sendo este descartado diretamente no quintal, no qual se tem uma pequena criação de galinhas (Figura 5. 8). A casa possui dois banheiros que possuem caixa de descarga, que controlam o volume de água utilizado.

Figura 5. 7 – Vista do quintal da Residência 04



Fonte - A autora (2023)

Figura 5. 8 – Ações adotadas na Residência 04 para esgotamento

Fonte - A autora (2023)

A visita realizada nas quatro residências que empregam fossas rudimentar como sistema de tratamento de esgoto (Tabela 5. 3) revela claramente os desafios enfrentados atualmente na gestão de efluentes domésticos. A utilização generalizada de fossas rudimentar s, embora seja uma prática comum em muitas áreas, assim como em Biquinhas, torna-se cada vez mais insustentável à medida que as questões ambientais se tornam mais prementes. A contaminação do solo, a poluição dos lençóis freáticos e o potencial impacto na saúde pública, como já é observado no município, são ações que demonstram a necessidade de mudança quanto ao esgotamento sanitário.

Tabela 5. 3 - Tipo de coleta de esgoto atual nas residências

| Residência | Tipo |
|--------------|---|
| Residência 1 | Uma fossa rudimentar com caixa de gordura |
| Residência 2 | Uma fossa rudimentar |
| Residência 3 | Duas fossas e uma caixa gordura. Uma fossa recebe efluentes do banheiro e a outra os demais efluentes |
| Residência 4 | Uma fossa rudimentar |

Fonte – A autora (2023)

É imperativo a busca por alternativas mais apropriadas e sustentáveis para o tratamento de esgoto, considerando a preservação do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida. A transição para tecnologias de tratamento de esgoto mais modernas e eficazes, bem como a implementação de práticas de gestão de resíduos mais responsáveis, são fundamentais para mitigar os impactos negativos das fossas rudimentar s.

5.3. Dimensionamento das estruturas

O saneamento ambiental abrange um conjunto de ações de cunho econômico e social que visam garantir a salubridade do ambiente. Essas medidas não só englobam os aspectos do saneamento básico, mas também priorizam a preservação ambiental. Ao investir no saneamento ambiental, é viável aprimorar a salubridade local, resultando em benefícios diretos para a qualidade de vida, tais como a redução significativa de doenças decorrentes da oferta insuficiente dos serviços de saneamento básico.

Os PMSB são importantes delimitadores para cotação dos valores necessários a serem investidos no saneamento básico. Minas Gerais dos seus 853 municípios apenas cerca de 58% apresentam planos de saneamento. Isto também é decorrente da falta de pessoas qualificadas nas prefeituras dos municípios para a promoção da estruturação dos planos. Assim, sem delimitações de valores investidos, ações de saneamento, principalmente de esgoto sanitário, não se tornam prioridade.

O esgotamento sanitário pode ocorrer de forma individualizada ou em sistemas coletivos. Sistemas coletivos são amplamente empregados em grandes cidades ou lugares com grandes concentrações de pessoas, justificando assim o investimento em estruturas de coleta e tratamento de esgoto. Sistemas individualizados são indicados para aqueles locais que não possuem grande concentrações de pessoas ou apresentam algum fator limitante, seja seletivo físico, do território ou econômico.

O município de Biquinhas não possui um sistema coletivo para coleta e tratamento dos efluentes gerados. São adotados sistemas individualizados, de responsabilidade de cada morador. Logo, observou-se que as estruturas utilizadas atualmente não são ideais e interferem na qualidade de vida dos moradores, como levantado no Plano Municipal de Saneamento Básico de Biquinhas.

Sistemas descentralizados de tratamento de esgoto permitem a coleta, tratamento e disposição final do efluente. Buscou-se então tecnologias que permitissem essas ações e que poderiam ser implementadas nas residências participantes do estudo. Estas alternativas, porém, deveriam atender com eficiência as residências unifamiliares de forma viável e segura.

Após analisar as possibilidades apresentadas, relacionadas ao TEVAP, Fossa Séptica Biodigestora e o Sistema Fossa séptica e Filtro, foram identificados pontos positivos e

negativos para seu potencial implementação nas residências participantes do estudo. No caso da Fossa Séptica Biodifestora, percebeu-se que não se adequa completamente à realidade dessas residências, uma vez que depende do uso de esterco de ruminantes para otimizar seus processos e gera um efluente que precisa ser gerenciado pelo morador. Apesar de recomendada na literatura para fins de irrigação, essa abordagem não foi bem recebida pelos moradores. Ademais, para esse processo de irrigação é necessário análise do solo e do efluente para medidas adequadas para que não haja a sobrecarga do solo com excesso de nutrientes. Segundo alguns estudos os parâmetros analisados quanto DBO, DQO e pH apresentam variabilidade de resultado, mas de forma geral atendem ao solicitado pela legislação.

Quanto ao sistema Fossa Séptica e Filtro Biológico observou-se que a fossa séptica é uma estrutura inicial de tratamento que separa os sólidos e permite a decomposição biológica parcial dos resíduos, reduzindo a carga poluente e de sólidos dos efluentes antes de liberá-los para o filtro biológico. Apresenta a necessidade de manutenção regular, assim como limpeza periódica da fossa séptica e a reposição de meios filtrantes no filtro biológico, que devem ser feitas por pessoas capacitadas. Além disso, é um sistema capaz de tratar todo o efluente gerado na casa e seu tratamento gera um efluente que pode ser descartado no solo, pois atende a legislação, como afirmado nos estudos feitos.

A partir do levantamento dos pontos positivos e negativos de ambas as alternativas e a comparação de eficiência dos sistemas com a legislação vigente, optou-se para as residências deste estudo a implementação do TEVAP como alternativa para tratamento dos efluentes provenientes do vaso sanitário. Trata-se de uma tecnologia social, que não apresenta complexidade de construção, não demanda mão de obra qualificada tanto para a sua construção, quanto para o seu manuseio e manutenção. Além disso não demanda nenhum outro elemento externo, a não ser o cuidado com as plantas, para seu bom funcionamento.

Para complementar essa alternativa e atender as famílias no tratamento de todo o efluente doméstico, será adotado o Círculo de Bananeiras para tratamento das águas cinzas. Segundo PEREIRA e MOREIRA, 2020 as águas destinadas ao círculo de bananeiras são ricas em nutrientes e algumas plantas apresentam boa adaptação a esse tipo de irrigação constante, além disso, contribui para a recarga do lençol freático. Este sistema foi projetado para ser implementado em residências rurais do município de e Nova Andradina – MS. O modelo adotado foi o indicado pela EMATER, sendo uma vala em formato de concha e diâmetro de 2

metros, no qual recebeu a água da pia, chuveiro e tanques da residência. Observou-se que interesse dos moradores da região para sua implementação, além de permitir o aproveitamento das águas cinzas e a melhora das questões ambientais locais.

Para Silva (2017) o uso de círculos de bananeira com eficiência está intimamente vinculado a maneira como morador faz uso das águas e produtos de limpeza. Podendo assim, resultar em diversos efluentes, que variam de acordo com a localidade, estilo de vida adotado e aspectos culturais. A água proveniente da pia do banheiro apresenta diferentes quantidades de NPK, turbidez, DBO entre outros parâmetros, quando compara a água decorrente da pia da cozinha. Logo, se faz necessário que por se tratar de um sistema que depende diretamente da atuação de plantas que a os moradores da residência sejam orientados a como usar dos produtos para não comprometer a eficiência do círculo.

Segundo as diretrizes descritas na ABNT NBR 7229 cerca de 80% do volume de consumo de água é descartado. Logo, a partir das análises do consumo de água das residências têm-se que valores médios de volume de esgoto gerado em cada residência, seja por mês (Tabela 5. 4) ou por dia (Tabela 5. 5).

Tabela 5. 4 – Média do volume de esgoto gerado em cada residência por mês.

| Residência | Volume (L/mês) | | | Consumo médio dos meses analisados (L/mês) | Volume médio de esgoto gerado (L/mês) |
|--------------|----------------|----------|---------|--|---------------------------------------|
| | Agosto | Setembro | Outubro | | |
| Residência 1 | 7000 | 10000 | 3000 | 6666,7 | 5333,3 |
| Residência 2 | 10000 | 12000 | 10000 | 10666,7 | 8533,3 |
| Residência 3 | 19000 | 22000 | 24000 | 21666,7 | 17333,3 |
| Residência 4 | 9000 | 12000 | 11000 | 10666,7 | 8533,3 |

Fonte – A autora (2023)

Tabela 5. 5 - Média do volume de esgoto gerado em cada residência por dia.

| Residência | Volume (L/dia) | | | Consumo médio dos meses analisados (L/dia) | Volume médio de esgoto gerado (L/dia) |
|--------------|----------------|----------|---------|--|---------------------------------------|
| | Agosto | Setembro | Outubro | | |
| Residência 1 | 233 | 303 | 100 | 212 | 169,6 |
| Residência 2 | 333 | 363 | 333 | 343 | 274,4 |
| Residência 3 | 633 | 687 | 774 | 698 | 558,4 |
| Residência 4 | 300 | 363 | 366 | 343 | 274,4 |

Fonte – A autora (2023)

Aplicando pela (Equação 4. 1) é possível estabelecer o volume do tanque para receber o esgoto de uma residência (Tabela 5. 6). Logo, adotando para as quatro residências uma taxa de acumulação de lodo (K) de 1 (Tabela 4. 1), uma contribuição de lodo fresco (L_f) de 217 (Tabela 4. 2) e um período de detenção de 1 dia (Tabela 3. 5).

Além disso foi considerado uma contribuição de despejo de 40 litros, uma vez que em média uma pessoa utilize o vaso sanitário 5 vezes por dia e o volume da descarga contribua com cerca de 8 a 15 litros, variando de equipamento. O que pode corresponder de 40 a 75 litros por dia por pessoa para todas as residências, obtendo assim o volume direcionado ao tanque.

Vale ressaltar que todas as residências deste estudo apresentavam banheiros com caixas de descarga acopladas, que controlam o volume de água direcionado para cada descarga, o que corresponde a 8 litros. Logo, a contribuição diária por pessoa para o TEVAP corresponde a um volume de 40 litros.

Tabela 5. 6 – Volume do Tanque necessário para atender as residências

| Residência | Volume do tanque (Litros) | Volume do tanque (m ³) |
|---------------|---------------------------|------------------------------------|
| Residência 01 | 1257 | 1,257 |
| Residência 02 | 1514 | 1,514 |
| Residência 03 | 2285 | 2,285 |
| Residência 04 | 1514 | 1,514 |

Fonte – A autora

O TEVAP se difere de tanques sépticos, principalmente por possuir um preenchimento com camadas internas de diferentes granulometrias assim como, receber apenas o efluente do vaso sanitário. Logo, além de atender ao volume do efluente deve-se somar o volume das camadas internas. Em algumas literaturas como Leal (2013), adota-se 2m³ por pessoa da residência. Em Figueiredo (2019) é apresentado que a estrutura pode ser dimensionada considerando uma área de 1,5m² por morador. Tonetti (2019) também afirma que o volume pode ser calculado considerando 1,5m² por morador.

Logo, para dimensionar as estruturas de forma a garantir efetividade no tratamento, a não sobrecarga do sistema e zonas internas em desuso adotou-se neste estudo, que para cada morador da residência será dedicado no dimensionamento do TEVAP um volume de 2m³. Assim, é apresentado na Tabela 5. 7 as dimensões adotadas para cada residência.

Tabela 5. 7 – Dimensões adotadas para os Tanques de Evapotranspiração das residências

| Residência | Largura (m) | Profundidade (m) | Comprimento (m) | Volume final (m ³) |
|---------------|-------------|------------------|-----------------|--------------------------------|
| Residência 01 | 2 | 1 | 4,5 | 9 |
| Residência 02 | 2 | 1 | 5 | 10 |
| Residência 03 | 2 | 1 | 7,5 | 15 |
| Residência 04 | 2 | 1 | 5 | 10 |

Fonte – A autora (2023)

Para o Círculo de Bananeiras sua construção apresenta variações de diâmetro e profundidade de acordo com alguns autores, forma geral, ela não apresenta variabilidade de dimensionamento relacionado ao quantitativo de moradores em uma residência, assim como ocorre com o TEVAP. Para Lisboa e Oliveira (2019) essa alternativa pode ser dimensionada com 1 metro de profundidade por 1,40 metros de diâmetro. As bananeiras devem ser posicionadas ao redor do círculo, a 60 centímetros da borda. Leal (2016) infere que as dimensões do círculo de bandeiras correspondem a um diâmetro de 1,40 metros e profundidade de 60 centímetros.

Para as residências deste estudo foi adotado que os círculos de bananeira terão 1,40 metros de diâmetro, com 70 centímetros de profundidade, adotando o fundo com britas assim como orientado pelo Manual de Saneamento da FUNASA (Tabela 5. 8). Quanto a quantidade de mudas, a residência 03 por apresentar uma geração de efluente maior e mais significativa, serão 6 mudas de bananeira. Para as demais residências 4 mudas de bananeira.

Tabela 5. 8 – Dimensões do Círculo de Bananeiras para as residências

| Residência | Nº de mudas de bananeira | Profundidade (m) | Diâmetro (m) |
|--------------|--------------------------|------------------|--------------|
| Residência 1 | 4 | 0,7 | 1,4 |
| Residência 2 | 4 | | |
| Residência 3 | 6 | | |
| Residência 4 | 4 | | |

Fonte – A autora (2023)

Todo o efluente destinado ao círculo deve passar pela caixa de gordura como pré-tratamento. A mesma pode ser construída de alvenaria pelo morador, ou então pode ser adquirida pronta para ser instalada. Elas apresentam variabilidade de tamanho e capacidade. O indicado é a implementação de uma caixa de gordura de PVC 50x50.

Para a residência 01 foi adotado este dimensionamento, uma vez que apresenta variabilidade de pessoas. Logo, este dimensionamento permite atender as demandas não constantes de forma mais segura. Para as outras estruturas também foram calculadas de forma a suportar pequenas variações.

A partir da determinação do comprimento e largura das estruturas identificou-se o posicionamento delas nas residências. Segundo a NBR 7229 as estruturas devem ser posicionadas a uma distância mínima de 1,5 metros das casas e a 3 metros de árvores. O detalhamento e posicionamento das estruturas pode ser observada no Apêndice A do estudo.

5.4. Orçamento

A fim de orientar de forma efetiva aos moradores da residência, foi feito o planejamento financeiro e a avaliações do investimento necessário para a implementação das alternativas de tratamento de esgoto doméstico (Quadro 5. 1 a Quadro 5. 4).

Para o tanque de evapotranspiração foi adotado a construção utilizando a metodologia de ferrocimento, que permite a estabilidade das paredes do tanque, assim como a impermeabilização do mesmo. Os materiais listados no orçamento são tanto para o TEVAP quanto para o círculo de bananeiras.

Quadro 5. 1– Orçamento para execução das alternativas de tratamento doméstico da Residência 01

| Orçamento Residências 01 | | | | |
|--------------------------|----------------|------------|----------------|------------|
| Descrição do Produto | Unidade | Quantidade | Valor unitário | Custo |
| Tubulação 100mm | m | 2 | R\$ 16,06 | R\$ 32,12 |
| Joelho 100mm | pc | 1 | R\$ 6,74 | R\$ 6,74 |
| Te 100mm | pç | 1 | R\$ 8,88 | R\$ 8,88 |
| Tampão 50mm | Unidade | 1 | R\$ 28,86 | R\$ 28,86 |
| Tela viveiro | m | 14 | R\$ 16,15 | R\$ 226,10 |
| Barras de ferro 3/16 | Unidade | 2 | R\$ 11,79 | R\$ 23,58 |
| Impermeabilizante 18l | L | 1 | R\$ 89,00 | R\$ 89,00 |
| Cimento | Sacos | 7 | R\$ 22,00 | R\$ 154,00 |
| Tubulação PVC 50 mm | m | 1,5 | R\$ 11,63 | R\$ 17,45 |
| *Cacos de telha | m ³ | 5 | - | - |
| Areia lavada | m ³ | 2,2 | R\$ 60,00 | R\$ 132,00 |
| Cascalho/brita | m ³ | 1,2 | R\$ 90,00 | R\$ 108,00 |
| *Pneus aro 13 ou 14 | Unidade | 32 | - | - |

| Orçamento Residências 01 | | | | |
|-----------------------------------|---------|------------|----------------|--------------|
| Descrição do Produto | Unidade | Quantidade | Valor unitário | Custo |
| Mão de obra (pedreiro e ajudante) | dia | 3 | R\$ 170,00 | R\$ 510,00 |
| *Mudas das plantas | - | - | - | - |
| Caixa de gordura | Unidade | 1 | R\$ 133,25 | R\$ 133,25 |
| Valor de investimento | | | | R\$ 1.469,98 |

Fonte – A autora (2023)

*Quanto aos materiais para as camadas internas sendo pneus, cacos de telha, mudas de plantas e sacos da rafia não foram orçados, uma vez que são materiais provenientes de doações e parcerias, sem custo para o morador. Isto aplica-se para todas as residenciais.

Quadro 5. 2- Orçamento para execução das alternativas de tratamento doméstico da Residência 02

| Orçamento Residências 02 | | | | |
|-----------------------------------|----------------|------------|----------------|--------------|
| Descrição do Produto | Unidade | Quantidade | Valor unitário | Custo |
| Tubulação 100mm | m | 5 | R\$ 16,06 | R\$ 80,30 |
| Joelho 100mm | pc | 1 | R\$ 6,74 | R\$ 6,74 |
| Te 100mm | pç | 1 | R\$ 8,88 | R\$ 8,88 |
| Tampão 50mm | Unidade | 1 | R\$ 28,86 | R\$ 28,86 |
| Tela viveiro | m | 14,5 | R\$ 16,15 | R\$ 234,18 |
| Barras de ferro 3/16 | Unidade | 2 | R\$ 11,79 | R\$ 23,58 |
| Impermeabilizante 18l | L | 1 | R\$ 89,00 | R\$ 89,00 |
| Cimento | Sacos | 7 | R\$ 22,00 | R\$ 154,00 |
| Tubulação PVC 50 mm | m | 1,5 | R\$ 11,63 | R\$ 17,45 |
| Cacos de telha | m ³ | 5 | - | - |
| Areia lavada | m ³ | 2,2 | R\$ 60,00 | R\$ 132,00 |
| Cascalho/brita | m ³ | 1,2 | R\$ 90,00 | R\$ 108,00 |
| Pneus aro 13 ou 14 | Unidade | 32 | - | - |
| Mão de obra (pedreiro e ajudante) | dia | 3 | R\$ 170,00 | R\$ 510,00 |
| Mudas das plantas | - | - | - | - |
| Caixa de gordura | Unidade | 1 | R\$ 133,25 | R\$ 133,25 |
| Valor de investimento | | | | R\$ 1.526,23 |

Fonte – A autora (2023)

Quadro 5. 3- Orçamento para execução das alternativas de tratamento doméstico da Residência 03

| Orçamento Residências 03 | | | | |
|----------------------------------|----------------|------------|----------------|--------------|
| Descrição do Produto | Unidade | Quantidade | Valor unitário | Custo |
| Tubulação 100mm | m | 13 | R\$ 16,07 | R\$ 208,91 |
| Joelho | pc | 2 | R\$ 6,74 | R\$ 13,48 |
| Te 100mm | pç | 1 | R\$ 8,88 | R\$ 8,88 |
| Tampão 50mm | Unidade | 1 | R\$ 28,86 | R\$ 28,86 |
| Tela viveiro | m | 19 | R\$ 16,15 | R\$ 306,85 |
| Barras de ferro 3/16 | Unidade | 2 | R\$ 11,79 | R\$ 23,58 |
| Impermeabilizante 18l | L | 1 | R\$ 89,00 | R\$ 89,00 |
| Cimento | Sacos | 11 | R\$ 22,00 | R\$ 242,00 |
| Tubulação PVC 50 mm | m | 1,5 | R\$ 11,63 | R\$ 17,45 |
| Cacos de telha | m ³ | 7,5 | - | - |
| Areia lavada | m ³ | 3,3 | R\$ 60,00 | R\$ 198,00 |
| cascalho/brita | m ³ | 1,8 | R\$ 90,00 | R\$ 162,00 |
| Pneus aro 13 ou 14 | Unidade | 32 | - | - |
| Mão de obra (pedreiro e ajudante | dia | 4 | R\$ 170,00 | R\$ 680,00 |
| Mudas das plantas | - | - | - | - |
| Caixa de gordura | Unidade | 1 | R\$ 133,25 | R\$ 133,25 |
| Valor de investimento | | | | R\$ 2.112,26 |

Fonte - A autora (2023)

Quadro 5. 4- Orçamento para execução das alternativas de tratamento doméstico da Residência 04

| Orçamento Residências 04 | | | | |
|--------------------------|----------------|------------|----------------|------------|
| Descrição do Produto | Unidade | Quantidade | Valor unitário | Custo |
| Tubulação 100mm | m | 3 | R\$ 16,06 | R\$ 48,18 |
| Joelho 100mm | pc | 1 | R\$ 6,74 | R\$ 6,74 |
| Te 100mm | pç | 1 | R\$ 8,88 | R\$ 8,88 |
| Tampão 50mm | unidade | 1 | R\$ 28,82 | R\$ 28,82 |
| Tela viveiro | m | 14,5 | R\$ 16,15 | R\$ 234,18 |
| Barras de ferro 3/16 | Unidade | 2 | R\$ 11,79 | R\$ 23,58 |
| Impermeabilizante 18l | L | 1 | R\$ 89,00 | R\$ 89,00 |
| Cimento | sacos | 7 | R\$ 22,00 | R\$ 154,00 |
| Tubulação PVC 50 mm | m | 1,5 | R\$ 11,63 | R\$ 17,45 |
| Cacos de telha | m ³ | 5 | - | - |
| Areia lavada | m ³ | 2,2 | R\$ 60,00 | R\$ 132,00 |
| Cascalho/brita | m ³ | 1,2 | R\$ 90,00 | R\$ 108,00 |
| Pneus aro 13 ou 14 | Unidade | 32 | - | - |

| Orçamento Residências 04 | | | | |
|-----------------------------------|---------|------------|----------------|--------------|
| Descrição do Produto | Unidade | Quantidade | Valor unitário | Custo |
| Mão de obra (pedreiro e ajudante) | dia | 3 | R\$ 170,00 | R\$ 510,00 |
| Mudas das plantas | - | - | - | - |
| Caixa de gordura | Unidade | 1 | R\$ 133,25 | R\$ 133,25 |
| Valor de investimento | | | | R\$ 1.494,07 |

Fonte – A autora (2023)

A utilização de retroescavadeiras para a abertura das valas pode ser viável para as residências 02 e 03, devido à facilidade de acesso da máquina a esses locais. No entanto, nas demais residências, a presença de estruturas construídas impede a entrada da máquina no local planejado para a construção. Além disso, para tornar essas alternativas ainda mais acessíveis aos moradores, é possível estabelecer parcerias entre as prefeituras e entidades locais. Essas parcerias podem auxiliar quanto a mão de obra e alguns insumos necessários para viabilizar a implementação dessas estruturas.

Como pode ser observado a Residência 03 (Quadro 5. 3) é a que apresenta o valor mais alto de investimento, uma vez que a estrutura é a maior. O valor final do orçamento das residências se difere devido ao posicionamento da TEVAP e dimensões distintas.

5.5. Monitoramento

Para assegurar uma implementação bem-sucedida das tecnologias nas residências, é essencial que os moradores se envolvam em um monitoramento contínuo para garantir a eficácia do tratamento de efluentes. Antes da instalação, é imperativo realizar atividades de educação ambiental com os residentes, enfatizando a importância do monitoramento regular e da manutenção adequada do sistema de tratamento de efluentes. Essa conscientização prévia é fundamental para garantir não apenas a eficiência inicial do sistema, mas também sua durabilidade e impacto positivo a longo prazo.

As tecnologias implantadas requerem mudanças de comportamento por parte dos moradores para garantir a eficácia contínua de seus processos. Com base nisso, foram identificados alguns pontos importantes a serem compartilhados com os moradores, visando evitar possíveis contratemplos. O objetivo é fornecer os recursos necessários para que os moradores possam realizar um monitoramento básico do sistema e compreender sua importância.

Ambas as tecnologias dependem do desempenho das plantas, o que requer cuidado específico. Ao enfatizar essa relação vital entre o cuidado com as plantas e o desempenho do sistema, os moradores podem desempenhar um papel fundamental na detecção e resolução precoce de questões que possam surgir.

Quadro 5. 5 – Cuidados necessários com o TEVAP

| TEVP - Cuidados Necessários | |
|--|--|
| Não descartar papel higiênico na privada. | O papel higiênico no tanque ocupa espaços dedicados ao efluente, isso pode diminuir vida útil da TEVAP e provocar entupimentos. |
| Não usar produtos de limpeza em excesso nos vasos sanitários. | O excesso de produtos de limpeza pode interferir na ação biológica que ocorre no tanque, responsável pela degradação da matéria orgânica presente. |
| As camadas internas do TEVAP devem ser colocadas com cuidado para evitar rachaduras no tanque. | Ao dispor as camadas de granulometria maior como pedras de mão e os cacos de telha, os mesmos devem ser colocados com cuidado para evitar rachaduras nas paredes e fundo do tanque, uma vez que este é construído pela modalidade de ferrocimento. |
| As plantas devem ser posicionadas de forma a não fazer sombra umas nas outras. | O processo de evapotranspiração é potencializado pela presença de sol, as plantas devem ser posicionadas as mais altas na parte central do TEVAP e as mais baixas próximo as bordas do tanque. |
| Fazer podas esporádicas nas plantas. | As plantas são responsáveis por uma parte da absorção e evapotranspiração da água, o processo de poda potencializa essas atividades e contribui para o bom desenvolvimento da tecnologia. |
| Estar atento a possíveis vazamentos. | Caso ocorra algum vazamento a região ao redor do tanque irá ficar úmido. Sendo necessário a intervenção para adequação do problema. |
| Cobrir o solo do TEVAP em caso de chuvas fortes e longas. | Para evitar que o tanque receba águas externas, além das bordas mais elevadas, o solo do tanque deve ser coberto por sacos, a fim de evitar sobrecarga de águas externas, e não prejudicar seu funcionamento. |
| As plantas demonstram como está o desempenho da tecnologia. | Caso as plantas estejam secas ou morrendo, isso é um indicador que o processo não está ocorrendo de forma efetiva, sendo necessário uma intervenção. Pode ser analisado com apoio do cano de visita disposto do lado contrário de chegada do efluente, e a partir disso fazer a ação necessária. |
| A terra deve ser inicialmente adubada antes de dispor as primeiras plantas. | O plantio das mudas ocorre antes de colocar o TEVAP em funcionamento, logo, para que as plantas cresçam de forma mais rápidas e desenvolvam as raízes para acesso até as camadas mais profundas. |
| O sistema não suporta grandes variabilidades de uso. | Em situações com grandes diferenças de fluxo de pessoas a TEVAP pode ser sobrecarregada. Logo, devem ser adotados outros sistemas para auxílio. |

Fonte – A autora (2023)

Quadro 5. 6 – Cuidados necessário com o Círculo de Bananeiras

| Círculo de Bananeiras - Cuidados Necessários | |
|--|---|
| Não usar produtos de limpeza em excesso | O círculo recebe a água cinza das pias, tanques e máquinas de lavar. Logo, o excesso de produtos de limpeza pode interferir na ação biológica que ocorre no círculo, responsável pela degradação da matéria orgânica. |
| Manter a caixa de gordura em bom funcionamento | A gordura no solo interfere no processo de absorção da água no solo, o que pode provocar transbordamento do círculo. |
| Fazer podas esporádicas nas bananeiras | As bananeiras são responsáveis por uma parte da absorção e evapotranspiração da água, o processo de poda potencializa essas atividades e contribui para o bom desenvolvimento da tecnologia. |
| Proteger com telas o círculo de bananeiras | Por se tratar de uma vala grande e mais profunda, se faz necessário que o espaço seja isolado para evitar o acesso e possíveis quedas de crianças, idosos e animais. |

Fonte – A autora (2023)

Os pontos levantados nos quadros Quadro 5. 5 e Quadro 5. 6 são importantes serem seguidos. Antes da implementação das estruturas todos esses pontos devem ser alinhados e esclarecidos com os moradores. Nenhum dos cuidados levantados exigem conhecimentos específicos ou que possam gerar alguma limitação de uso tanto do TEVAP quanto do Círculo de Bananeiras.

6. CONCLUSÕES

O saneamento básico abrange quatro áreas fundamentais: abastecimento de água, coleta, tratamento e destinação adequada dos efluentes gerados, gestão dos resíduos sólidos e sistemas de drenagem. Entretanto, nas regiões rurais, como é o caso de Biquinhas, essas ações estão significativamente limitadas. Na localidade, não há atendimento de coleta e tratamento de esgoto, e os sistemas de drenagem são escassos, resultando em índices baixos desses serviços essenciais.

O sistema que melhor apresentou desempenho quanto atendimento a legislação foi o TEVAP. Além disso, esse tratamento opera sem a necessidade de energias externas, reduz a carga orgânica e não gera efluentes ou lodos para serem descartados. Dessa forma, adotou-se o TEVAP como alternativa para implementação nas quatro residências, de acordo com a realidade de cada uma.

Tanto o TEVAP quanto o Círculo de Bananeiras atendem com qualidade as quatro residências. Coletando, tratando e dispondo no meio ambiente um efluente de qualidade. As tecnologias sociais propostas são bem aceitas e apresentam um investimento financeiro moderado. Se faz necessário, para a proposição de projetos de implementação de alternativas de tratamento individualizado parcerias entre prefeituras e organizações a fim de viabilizar para aos moradores o acesso a esse serviço.

As ações voltadas para o tratamento de esgoto individualizado se destacam como uma abordagem eficaz e imprescindível para a melhoria não apenas da qualidade de vida, mas também para a preservação do meio ambiente. Ao considerar o estudo levantado, torna-se evidente que a implementação de sistemas de tratamento de esgoto em nível domiciliar desempenha um papel importante na promoção da saúde pública e na proteção dos recursos naturais.

Essas medidas não apenas proporcionam uma gestão mais responsável dos efluente domésticos, mas também contribuem diretamente para a preservação dos ecossistemas locais. A eficiência dessas ações encontra-se na capacidade de reduzir a contaminação de corpos hídricos, minimizar os impactos nocivos no solo, além de mitigar os riscos à saúde humana decorrentes de uma inadequada disposição. Dessa forma, fica claro que investir em sistemas de tratamento de esgoto individualizado não é apenas uma necessidade, mas uma solução vital

para aprimorar a qualidade de vida das comunidades, garantindo um ambiente mais saudável e sustentável para as gerações presentes e futuras.

7. RECOMENDAÇÕES

Com este estudo foi possível identificar pontos de melhora para os serviços de saneamento ofertados, principalmente em Minas Gerais. Por meio do incentivo a ações de tratamento individualizado de efluentes domésticos é possível oferecer atendimento quanto a esgotamento sanitário para as residências descentralizadas.

Recomenda-se para os próximos estudos um levantamento maior no município de Biquinhas, de residências que apresentam o interesse de implementar uma alternativa de tratamento do esgoto, diferente do que já é empregado. Assim, a amostra do impacto da execução desse projeto será mais significativa. A partir disso desenvolver um plano de valoração econômica que demonstre o quão impactante o tratamento do esgoto é importante para região, sejam esses benefícios ambientais, econômicos e sociais, justificando assim a necessidade de sua execução.

A partir disso, em alinhamento com a Prefeitura do Município propor o projeto e buscar auxílio para sua execução. Vale salientar que desde o momento de levantamento de informações e coleta de dados no município se faz necessário envolver a população, explicitando os benefícios do projeto, como os moradores podem colaborar e o impacto positivo na comunidade a partir das mudanças individuais.

Posteriormente, sugere-se realizar o acompanhamento, alinhamento, coleta das percepções dos moradores, assim como, as diferenças observadas dos cenários antes e depois do projeto. A implementação de projetos de esgotamento sanitário individualizado, como este, em comunidades rurais não apenas atende às necessidades básicas de saneamento, mas também contribui para a saúde, a preservação ambiental, a qualidade de vida e a sustentabilidade dessas comunidades.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 7229**: Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos. Rio de Janeiro, 1993. Disponível em < https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf> Acesso em 16 de junho de 2023.

ABNT. **NBR 13969**: Tanques Sépticos Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Afluentes Líquidos - Projeto, Construção e Operação. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em < https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf> Acesso em 16 de junho de 2023.

ALMEIDA NETO, Onofre Barroca. **Caracterização físico-química, determinação de metais e especiação de cromo, ferro, nitrito e nitrato para avaliação da contaminação de rios receptores de esgotos domésticos e industriais**. Programa de Pós-graduação em Agroquímica. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2003. Disponível em < Tese Mestrado Onofre Barroca.doc (ufv.br)> Acesso em 30 de setembro de 2023

ATHAYDES, Tiago Vinicius Silva; CRISPIM, Jefferson de Queiroz; ROCHA, José Antonio da; EVANGELISTA, Valéria Teodoro da Silva; LOPES, Alesson Soares. **Implantação e Avaliação do Sistema Bacia de Evapotranspiração (BET) para o Tratamento do Esgoto Doméstico no Meio Rural**: O Caso da Comunidade Terapêutica Redenção no Município de Campo Mourão – PR. Caderno Pudentino de Geografia. Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Local Presidente Prudente. n.44, v.1, p.215-235, jan-abr/2022. Disponível em <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/8152>> Acesso em 10 de novembro de 2023.

BRASIL. **Lei Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico. Brasília, DF: Presidência da República, 2007. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm#:~:text=L11445compilado&text=LEI%20N%C2%BA%2011.445%2C%20DE%20DE%20JANEIRO%20DE%202007.&text=Art.,pol%C3%ADtica%20federal%20de%20saneamento%20b%C3%A1sico.>> Acesso em 13 de março de 2023

COELHO, Cristiane Farias; REINHARDT, Hendrik; Araújo, José Carlo. **Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil**. Eng Sanit Ambient. v.23 n.4. jul/ago 2018. Disponível em <scielo.br/j/esa/a/VZ4w7kC3GQjf3ZNwTrQc9Sy/?format=pdf&lang=pt> Acesso em 08 de novembro de 2023.

COMPANHIA SANEAMENTO DE JUNDIAÍ. **A universalização do saneamento básico no Brasil**: Um dos grandes desafios do Brasil é universalizar o acesso aos serviços básicos de saneamento, 2016. Disponível em: <<https://saneamento.com.br/noticias/a-universalizacao-do-saneamento-basico-no-brasil/>> Acesso em 13 de março de 2023

COPAM; CERH/MG. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº 8, de 21 de novembro de 2022**. Belo Horizonte, 2022. Disponível em < siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56521> Acesso em 15 de novembro de 2023.

COSTA, Bertoldo Silva. **Universalização do saneamento básico**: utopia ou realidade. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental,

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2010. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/94690/282108.pdf?sequence=1>> Acesso em 07 de abril de 2023

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Memorial Descritivo: Montagem e Operação da Fossa Séptica Biodigestora**. Documentos 65. São Carlos, SP, Outubro de 2017 Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1081476/memorial-descritivo-montagem-e-operacao-da-fossa-septica-biodigestora>> Acesso em 04 de junho de 2023.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Eficiência do Processo de Biodigestão em Fossa Séptica Biodigestora Inoculada com Esterco de Ovino. Documentos 34. São Carlos, SP, Novembro, 2007. Disponível em <DOC34_2007.cdr (embrapa.br)> Acesso em 07 de novembro de 2023

FARIA, Marco Túlio da Silva. Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico e Planos Diretores de Drenagem Urbana em municípios de pequeno porte de Minas Gerais. **Eng Sanit Ambient**, v.27, n.1, jan/fev 2022. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/esa/a/wR9sjRG8jTqVjq976XHHpzt/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em 04 de junho de 2023

FERNANDES, Francisco José Rodrigues. Tratamento de Esgoto Doméstico Através de Tanque Séptico em Tubos de PVC. **Revista Pandora Brasil**, 2023. Disponível em <[francisco_tratamento.pdf \(revistapandorabrasil.com\)](#)> Acesso em 19 de novembro de 2023

FIGUEIREDO, Isabel Campos Salles. **Tratamento de Esgoto na Zona Rural: Diagnóstico Participativo e Aplicação de Tecnologias Alternativas**. Universidade Estadual de Campinas. Tese de Doutorado apresentada a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2019. Disponível em <<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=473e283f42565af5JmltdHM9MTY5OTY2MDgwMCZpZ3VpZD0xZTFiNDA0Mi00ODBlMTYxNmMtMjIyMy01MzdmNDkyODYwYTamaW5zaWQ9NTE4OA&ptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=1e1b4042-480f-616c-2223-537f492860a0&psq=TRATAMENTO+DE+ESGOTO+NA+ZONA+RURAL%3a+DIAGN%20c3%93STICO+PARTICIPATIVO+E+APLICA%20c3%87%20c3%83O+DE+TECNOLOGIAS+ALTERNATIVAS&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuZmVjLnVuaWNhbXAuYnIvfnNhbmVhbWVudG9ydXJhbC93cC1jb250ZW50L3VwbG9hZHMvMjAxNy8xMS8yMDE5LUZpZ3VlaXJIZG8tdGVzZS5wZGY&ntb=1>>. Acesso em 07 de novembro de 2023.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. Ministério da Saúde, 5ª edição, Brasília, 2019. Disponível em <<https://bit.ly/3KXxc9b>> Acesso em 17 de abril de 2023.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas para o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares**. 1ª edição Brasília, 2014. Disponível em <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/manualdeorientacoestecnicasparaelaboracaodepropostasmelhoriassanitariasdomiciliares.pdf/907ae2d8-a1da-4c1f-9330-969f1f474615> Acesso em 17 de abril de 2023

FUNASA. **Programa Nacional de Saneamento Rural - PNSR**. Análise Situacional do Saneamento Rural no Brasil. Volume 2 1ª Edição. FUNASA, Brasília - DF/2021 Disponível em <<https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/663>> Acesso em 07 de abril de 2023.

FURIGO, Renata de Faria Rocha. Saneamento e Saúde como objetivos do desenvolvimento sustentável. O que o Brasil terá para contar quando 2030 chegar? **Brasilian medical students jornal**, v.5, n.8, 2021. Disponível em <<https://bms.ifmsabrazil.org/index.php/bms/article/view/306>> Acesso em 12 de junho de 2023.

Guimarães AJA, Carvalho DF, Silva LDB. **Saneamento básico**. UFRRJ IT 179. 2007. Disponível em <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>> Acesso em 27 de maio de 2023

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama Portal Cidades**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/biquinhas/panorama>> Acesso em 07 de abril de 2023

INFOSANBAS. **Grupo de pesquisa em tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. Departamento de Engenharia de Saúde Pública DENSP, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) da Escola de Engenharia da UFMG e Cooperativa EITA. Disponível em <<https://infosanbas.org.br/municipio/biquinhas-mg/>> Acesso em 24 de abril de 2023.

ISMAIL, Isadora Alves Lovo; PEREIRA JÚNIOR, Messias; SILVEIRA, Karin Amaral; ABRANTES, Ana Carolina Tedeschi Gomes. **Contaminação no Lençol Freático por Fossas Rudimentares**. Caderno Progressus, Curitiba, v. 3, n. 5, p. 40-47, 2023. Disponível em <<https://cadernosuninter.com/index.php/progressus/article/view/2274/1958>> Acesso em 14 de dezembro de 2023.

KOLM, Viviane. **Análise de Esgoto Doméstico**. Centro de Ciências Físicas e Matemáticas do Departamento de Química da Universidade Federal de Santa Catarina UFSC. Florianópolis, 2002. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/94602>> Acesso em 30 de setembro de 2023

LEAL, Jane Terezinha da Costa Pereira; FERNANDES, Maurício Roberto; PEREIRA, Ricardo Tadeu Galvão. **Boas Práticas Ambientais na Cafeicultura**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2013. 64 p. Disponível em <<https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=17590>> Acesso em 29 de maio de 2023.

LEAL, Jane Terezinha da Costa Pereira. **Tanque de evapotranspiração**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2014. 15 p. Disponível em <<https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=17599>> Acesso em 29 de maio de 2023.

LEAL, Jane Terezinha da Costa Pereira. **Círculo de Bananeiras para tratamento de efluentes rurais**. Departamento Técnico da EMATER-MG, Belo Horizonte, 2016. Disponível em <[download.do \(emater.mg.gov.br\)](https://www.emater.mg.gov.br/download.do)> Acesso em 29 de maio de 2023.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua; PRADO, Eliana Leão do; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**. Revista de Administração Pública. Rio de Janeiro Março de 2011 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/KCkSKLRdQVCm5CwJLY5s9DS/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 27 de maio de 2023

LOPES, Thiara Reis. **Caracterização do Esgoto Sanitário e Lodo Proveniente de Reator Anaeróbio e de Lagoas de Estabilização para Avaliação da Eficiência na Remoção de Contaminantes**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais. Medianeira, 2015. Disponível em <[MD_PPGTAMB_M_Lopes, Thiara Reis_2015.pdf](#) (utfpr.edu.br)> Acesso em 30 de setembro de 2023

MACHADO, Heitor Soares; SALGADO, Salulo Paulino; DELATORRE, Andréa Boechart, BECKER, Beatriz Rohden; AGUIAR, Cristiane de Jesus. Estudo Sobre o Uso de Bacia de Evapotranspiração como Alternativa para Tratamento de Efluentes. 3º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. Gramado – RS, 2020. Disponível em <<https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2020/XII-008.pdf>> Acesso em 11 de novembro de 2023.

MARQUES, Denise H. F.; CANÇADO, Cláudio J.; SOUZA, Plínio de C. **Reflexões sobre o novo marco regulatório do saneamento básico: possíveis impactos no planejamento de Minas Gerais**. Texto para Discussão n.15. Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 2021. Disponível em <https://saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2021/03/25.1.2021_TEXTO-PARA-DISCUSSAO-N.-15-1.pdf> Acesso em 04 de junho de 2023.

MARTINS, Augusto Severo. **Influência de Produtos de Higiene Pessoal e Limpeza na Concentração de Sólidos Totais, DBO, DQO, Nitrogênio Total e Fósforo Total do Esgoto Doméstico**. Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Uberlândia, 2018. Disponível em <<http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21625>> Acesso em 29 de setembro de 2023.

MARTINS, Marcia Viana Lisboa; OLIVEIRA, Laís Gomes de. **Análise de Viabilidade Técnica, Econômica e Socio-Ambiental de Tratamento de Esgoto em Propriedades Rurais**. 31º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. Associação dos Engenheiros da Sabesp. Itajubá, MG. 2019. Disponível em <[iii-005 - XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental \(boletimdosaneamento.com.br\)](#)> Acesso em 05 de novembro de 2023.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Novembro de 2022. Disponível em <<https://www.gov.br/mdr/ptbr/assuntos/saneamento/plansab>>. Acesso em 29 de maio de 2023

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Sucessão dos Convênios da extinta Fundação Nacional da Saúde – FUNASA para os ministérios da Saúde e das Cidades**. Abril, 2023. Disponível em <http://www.funasa.gov.br/web/guest/todas-as-noticias/-/asset_publisher/lpnzx3bJYv7G/content/sucessao-dos-convenios-da-extinta-fundacao-nacional-da-saude-funasa-para-os-ministerios-da-saude-e-das->

idades?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.funasa.gov.br%2Fweb%2Fg
uest%2Ftodas-as-
noticias%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_lpnzx3bJYv7G%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_st
ate%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-
1%26p_p_col_count%3D1> Acesso em 13 de junho de 2023.

MIYAZAKAI, Caroline Kimie. **Avaliação de Risco em Sistemas Unifamiliares: O Caso da Fossa Séptica Biodigestora da Embrapa**. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Dissertação de Mestrado. Campinas, 2021. Disponível em < <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=546191> > Acesso em 08 de novembro.

MIYAZAKAI, Caroline Kimie; FIGUEIREDO, Isabel Campos Salle; MADRID, Francisco José Pena y Lillo; DUARTE, Natalia Cangussu; MAGALHÃES, Taína Martins. **Fossa absorvente ou rudimentar aplicada ao saneamento rural: solução adequada ou alternativa precária?** Universidade Estadual De Campinas. Sistema De Bibliotecas Da Unicamp. Repositório da Produção Científica e Intelectual da Unicamp. Campinas – SP, 2019. Disponível em < <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=524792> > Acesso em 15 de dezembro de 2023.

MORAES, Luiz Roberto Santos. **Saneamento ambiental**. Ecodesenvolvimento: Novos Rumos no Meio Ambiente da Bahia a ser editado pela SEMARH. PhD, Professor Titular em Saneamento da Universidade Federal da Bahia Disponível em <[MOTA, Amanda Fabrícia Leão. **Membranas de Osmose Inversa em Final de Ciclo de Vida Recicladas e Recuperadas Aplicadas ao Tratamento de Lixiviado De Aterro Sanitário**. Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 2023. Disponível em < \[Dissertação - Amanda Leão - Versão definitiva.pdf \\(ufmg.br\\)\]\(#\) > Acesso em 15 de novembro de 2023.](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51537525/SaneamentoAmbientalsemarhlibre.pdf?1485615110=&responsecontentdisposition=inline%3B+filename%3DSaneamento_Ambiental.pdf&Expires=1685581864&Signature=DE9kchXJHiynsmiugXeBvQ~fMZ~F5DhdyhnzG5wOGG3EL3~AOus0vPcc8LJmFklvz0~HFAGwnlpTNp9ZfVbMI560Z35dHZwGtGHQxFvwx7xWi20AmgzS6bLv9kyqX21qLyN1PUXLW5F2o4IParhZqeRXLsUQsRTHoMLYbXjvtU8vyUvJv9291zJmhWuWH4DI-MESWjCMN67Vf~ezxEAUeGhRVqMpnSPVjZxUHclAjdDLt-wOFNf2ilxMjYcBJ03G8weqn8Y9GgLMr3hUp8NUhmq6D72Jy6qVF495XhIOkydigTQR3rW~lZxZGRGq6PCNO-aJhthboorZDew__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA.> Acesso em: 30 de maio de 2023</p>
</div>
<div data-bbox=)

MOURA, Larissa; LANDAU, Elena Charlotte, FERREIRA, Adriana de Melo. **Varição Geográfica do Saneamento Básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais**. Capítulo 8 - Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado no Brasil. Embrapa, 2016. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1063689/1/GeoSaneamentoCap08.pdf>. Acesso em 26 de maio de 2023.

MOURA, Fernanda Negreiros; BATISTA, Rafael Oliveira; SILVA, Jean Berg Alves; FEITOSA, Alex Pinheiro; COSTA, Monalisa Soares. **Desempenho de Sistema para Tratamento e Aproveitamento de Esgoto Doméstico em Áreas Rurais do Semiárido Brasileiro**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 270-283, jul./set.

2011. Disponível em < getdoc-libre.pdf (d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net)> Acesso em 22 de novembro de 2023.

PEREIRA, João Victor de Lima; MOREIRA, Lis Rogélin. **Círculo das Bananeiras - Uma alternativa socioambiental para o tratamento das águas cinzas**. 1º Congresso Online Internacional de Sementes Crioulas e Agro biodiversidade. - Dourados, Mato Grosso do Sul- v. 15, nº. 4, 2020. Disponível em <https://cadernos.abo-agroecologia.org.br/cadernos/article/download/6492/4717> Acesso em 07 de novembro de 2023.

PEREIRA, Leonardo Reginaldo. **Sistema Descentralizado de Esgotamento Sanitário: Solução para Assentamentos Rurais**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade - Mestrado Profissional Campus Rio Verde. Rio Verde – GO, setembro de 2023. Disponível em < [dissertação_Leonardo_Reginaldo_Pereira.pdf \(ifgoiano.edu.br\)](#)> Acesso em 21 de novembro de 2023.

PREFEITURA DE BIQUINHAS. **História de Biquinhas - MG**. Disponível em <<https://www.biquinhas.mg.gov.br/>> Acesso em 13 de março de 2023

RATIS, Araceli Neide Farias Alves. **Caracterização dos Resíduos Esgotados de Sistemas de Tratamento Individual de Esgotos Domésticos de Natal**. Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2009. Disponível em < [Araceli Ratis - dissertação \(ufrn.br\)](#)> Acesso em 28 de setembro de 2023.

REBOUÇAS, Érica Andrade. **Gestão para o Saneamento Rural a Partir da Percepção Dos Stakeholders**. Universidade Federal Do Espírito Santo Centro Tecnológico Programa De Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável. Vitória, 2017. Disponível em: https://sappg.ufes.br/tese_drupal/tese_11648_Dissertação%20%20C9RICA%20A%20REBOU%20C7AS%20v.14_2018.05.26%20-%20FINAL.pdf. Acesso em: 29 de maio

REIS, Ludymilla de Oliveira. Instrumento de Avaliação do Método Círculo de Bananeiras Para o Tratamento de Efluentes Domésticos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Corrente. 2022. Disponível em <[2023_tcc_loreis.pdf \(ifpi.edu.br\)](#)> Acesso em 08 de novembro de 2023.

RUBINGER, Sabrina Dionísio. **Desvendando o Conceito de Saneamento no Brasil: uma Análise da Percepção da População e do Discurso Técnico Contemporâneo**. Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. 2008. Disponível em <<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ENGD-7HAK2H/1/528m.pdf>> Acesso em 13 de junho de 2023

SANT'ANNA JR, Geraldo Lippel. **Tratamento Biológico de Efluentes: fundamentos e aplicações**. 2ª Edição. Capítulo 3, páginas 37 a 64. Rio de Janeiro. Editora Intercorrência, 2013.

SAMPAIO, Tauane Bazanella. **Metodologia da Pesquisa**. Universidade Federal de Santa Maria. 1ª Edição, Santa Maria, RS: UFSM, CTE, UAB, 2022. Disponível em <

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/26138/MD_Metodologia_da_Pesquisa.pdf?sequence=1> Acesso em 14 de junho de 2023.

SILVA, Diani Fernanda da. Prospecção do panorama do saneamento rural e urbano no Brasil. Universidade Federal do Rio Grande - FURG. **Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient.** E - ISSN 1517-1256, V. Especial, maio, 2014. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/4449/2800>. Acesso em 29 de maio de 2023

SILVA, Josefa Camila Araújo. Tratamento de Esgoto Doméstico Através de Círculo de Bananeiras e Tanque De Evapotranspiração. Universidade Federal da Paraíba Centro de Tecnologia Curso de Graduação em Engenharia Ambiental. João Pessoa – PB. Junho de 2017. Disponível em <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/24968/1/TCC%20-%20TRATAMENTO%20DE%20ESGOTO%20DOM%20C3%89STICO%20-%20JOSEFA%20CAMILA%20ARA%20C3%9AJ%20DA%20SILVA.pdf>> Acesso em 02 de novembro de 2023.

SILVA, Luís Fernando de Moraes. **Desempenho de Estações de Tratamento de Esgoto e Impactos de seus Efluentes em Corpos de Água Receptores em Minas Gerais.** Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 2020. Disponível em < [Desempenho de ETE e Impactos de Seus Efluentes.pdf \(ufmg.br\)](#)> Acesso em 15 de novembro de 2023

SEMAD, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário.** Junho 2022. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/saneamento/abastecimento-de-agua-e-esgotamento-sanitario>>. Acesso em 04 de junho de 2023

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e tratamento de esgotos.** 3ª ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005. Disponível em <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=1pxhLVxVFHoC&oi=fnd&pg=PA17&dq=tipos+de+esgoto&ots=CjFxi7_I6o&sig=0gb3F5hv-HHppScuuqc2AgxSkhI#v=onepage&q=tipos%20de%20esgoto&f=false> Acesso em 15 de junho de 2023

TACHINI, M.; ROHDEN, B.; SPERNAU, R. **Análise das Equações Utilizadas para o Dimensionamento do Sistema de Tratamento de Esgoto Conforme NBR 7229 e NBR 13969.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 17., 2018, Foz do Iguaçu. Porto Alegre: ANTAC, 2018. Disponível em < <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/download/1776/1555/4947>> Acesso em: 16 de junho de 2023.

TEPEDINO, Skarlat Reynnely Alves; PINTO, Sofya de Oliveira Machado; MARQUES, Carine Ferreira; OHNUMA, Alfredo Akira; OBRACZKA, Marcelo. Avaliação do estágio do saneamento com base no emprego de indicadores: estudo de caso em municípios da região Hidrográfica III – médio Paraíba do Sul. **Revista Desarrollo Local Sostenible.** v.16, n.42, p. 59-74. Curitiba, 2023. Disponível em < <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/744>> Acesso em 13 de junho de 2023.

TISCHER, Vinicius. Magnitude do Impacto do Esgotamento Sanitário no Brasil. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**. V.6, n. 3, p. 358-378. Florianópolis, 2017 Disponível em <https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/articloe/view/5571> Acesso em 12 de junho de 2023

TONETTI, Adriano Luiz. Fossa Séptica Biodigestora: avaliação crítica da eficiência da tecnologia, da necessidade da adição de esterco e dos potenciais riscos à saúde pública. **Revista DAE**. Edição Especial. Num. 220, vol. 67. São Paulo. Novembro de 2019. Disponível em <[DAE-220_completa.pdf \(unicamp.br\)](#)> Acesso em 08 de novembro de 2023.

TRATA BRASIL. **ESG e Tendências no Setor de Saneamento do Brasil**. KPMG, 2023. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/esg-e-tendencias-no-setor-de-saneamento-do-brasil/>> Acesso em 13 de março de 2023.

TRES, Vanessa. **Estudo de Viabilidade Técnica-Econômica, Social e Ambiental para Seleção de Tratamento de Esgoto Doméstico em Áreas Rurais**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Disponível em < Documento (utfpr.edu.br)> Acesso em 23 de novembro de 2023.

UNISUL, Universidade do Sul de Santa Catarina. **Metodologia Científica e da Pesquisa** disciplina na modalidade a distância. 5ª ed. 2007. Disponível em <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/22112/1/fulltext.pdf> > Acesso em 14 de junho de 2023.

UNICEF. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**, ainda é possível mudar 2030. Disponível em < <https://www.unicef.org/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel#:~:text=Os%20ODS%20representam%20um%20plano,pac%C3%ADficas%20e%20inclusivas%20at%C3%A9%202030.>> Acesso em 12 de junho de 2023

YAZAN, Bedrettin. **Três abordagens do método de estudo de caso em educação**: Yin, Merriam e Stake. *Meta: Avaliação* | Rio de Janeiro, v.8, n. 22, p. 149-182, jan. /abr. 2016. Disponível em < > Acesso em: 27 de maio de 2023.

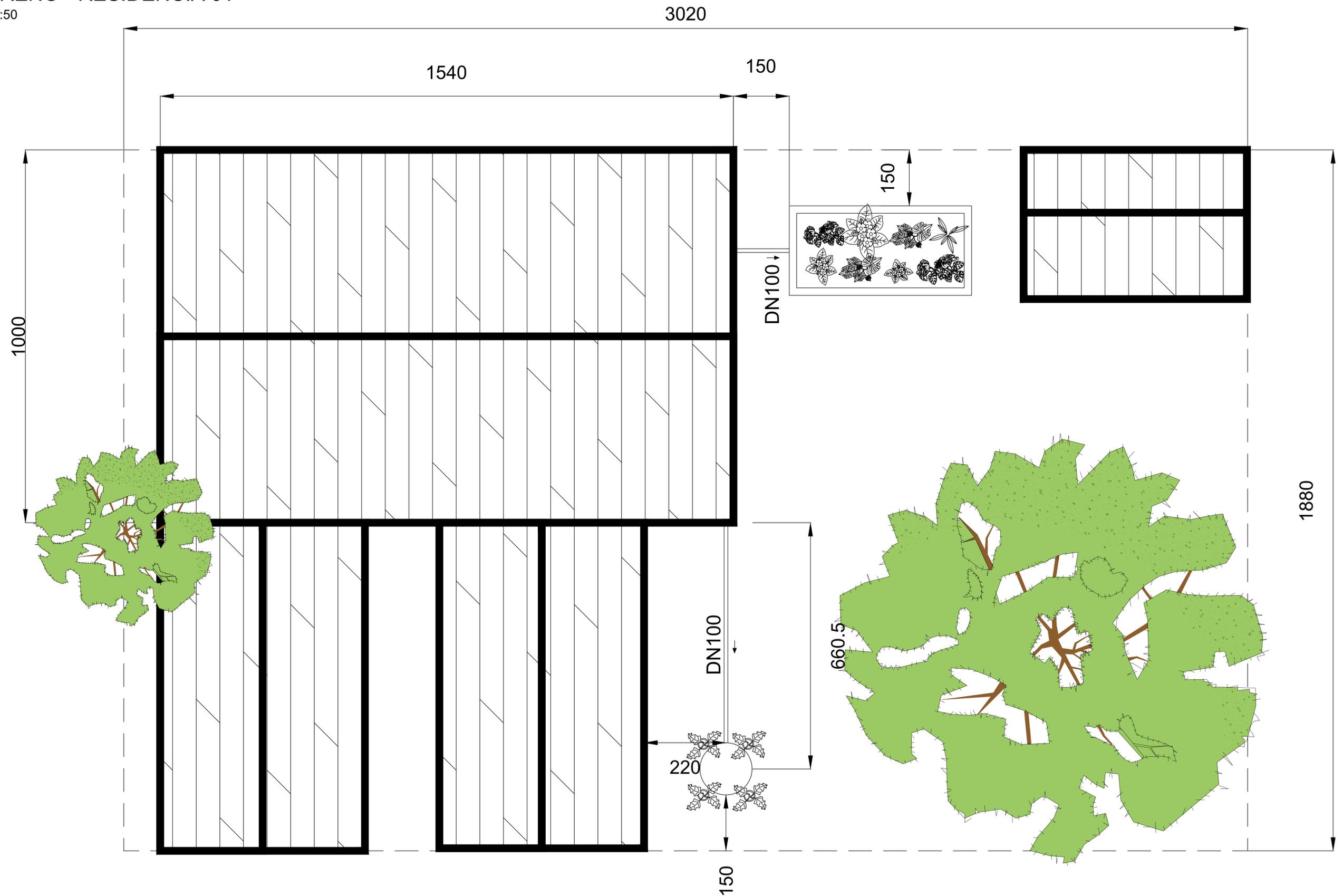
APÊNDICE A

Este apêndice contém informações adicionais sobre o posicionamento das tecnologias de tratamento de esgoto nas residências utilizadas como parte do estudo. O apêndice serve como um complemento aos dados apresentados no corpo principal do trabalho, oferecendo uma perspectiva mais detalhada.

As folhas de 01 a 04 representam o posicionamento das estruturas em cada uma das residências, respectivamente. A folha 5 é detalhado as dimensões das estruturas.

TERRENO - RESIDÊNCIA 01

ESC=1:50



NOTA

- 1 - COTAS EM CENTÍMETROS
- 2 - DIÂMETROS EM MILÍMETROS

LEGENDA:

-  DELIMITAÇÃO DO TERRENO
-  DELIMITAÇÃO DOS TELHADOS
-  TEVAP
-  CÍRCULO DE BANANEIRAS
- DN - DIÂMETRO NOMINAL

PLANTA DO POSICIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO - RESIDÊNCIA 01 BIQUINHAS - MG

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS

ELABORADO POR:

LEONORA PIO FASSY

DATA:

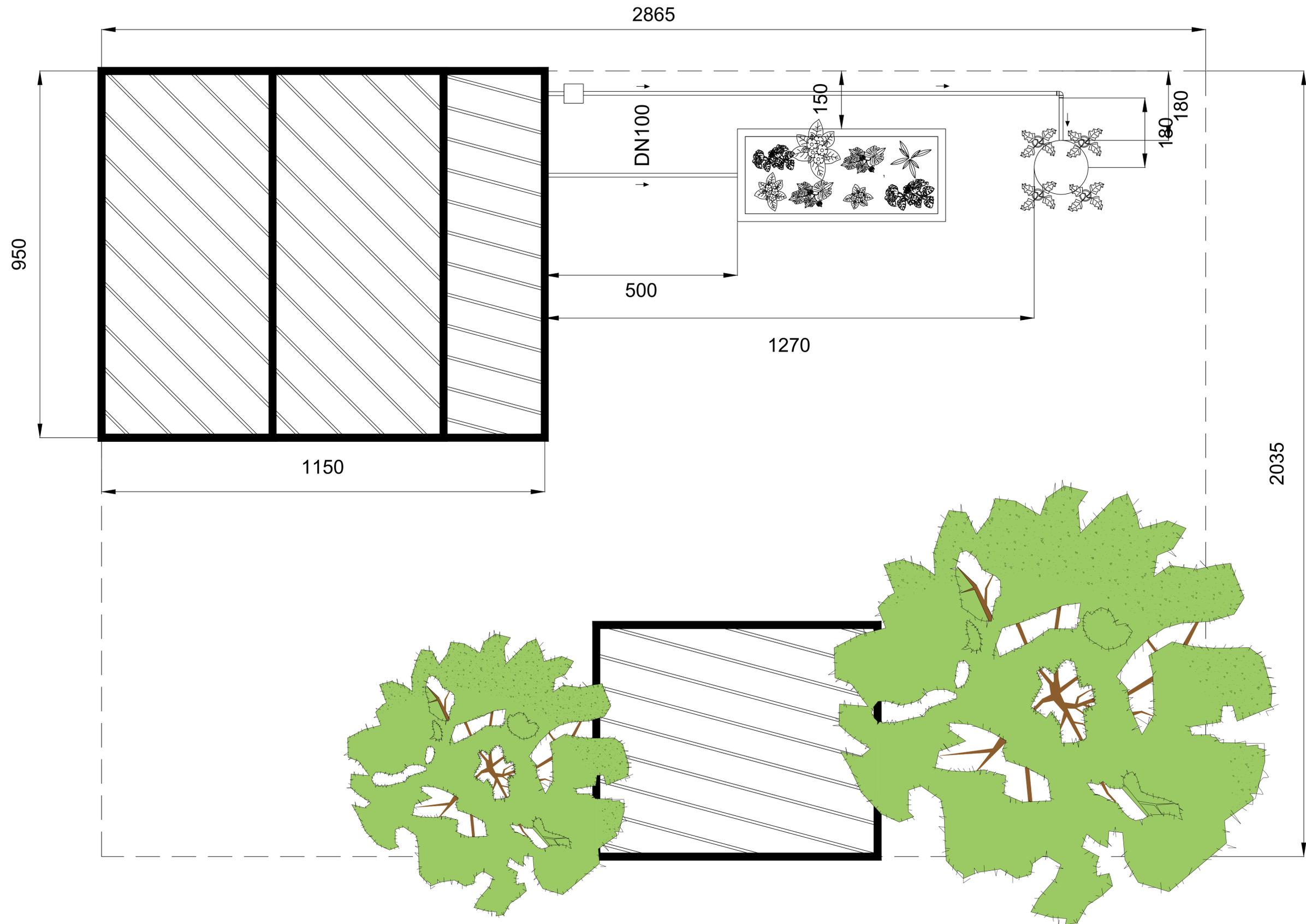
NOVEMBRO / 2023

FOLHA:

01 DE 05

TERRENO - RESIDÊNCIA 02

ESC=1:75



NOTA

- 1 - COTAS EM CENTÍMETROS
- 2 - DIÂMETROS EM MILÍMETROS

LEGENDA:

- -
 -
 -
 -
 -
- DELIMITAÇÃO DO TERRENO TEVAP DN - DIÂMETRO NOMINAL
- DELIMITAÇÃO DOS TELHADOS CÍRCULO DE BANANEIRAS

PLANTA DO POSICIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO - RESIDÊNCIA 02 BIQUINHAS - MG

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS

ELABORADO POR:

LEONORA PIO FASSY

DATA:

NOVEMBRO / 2023

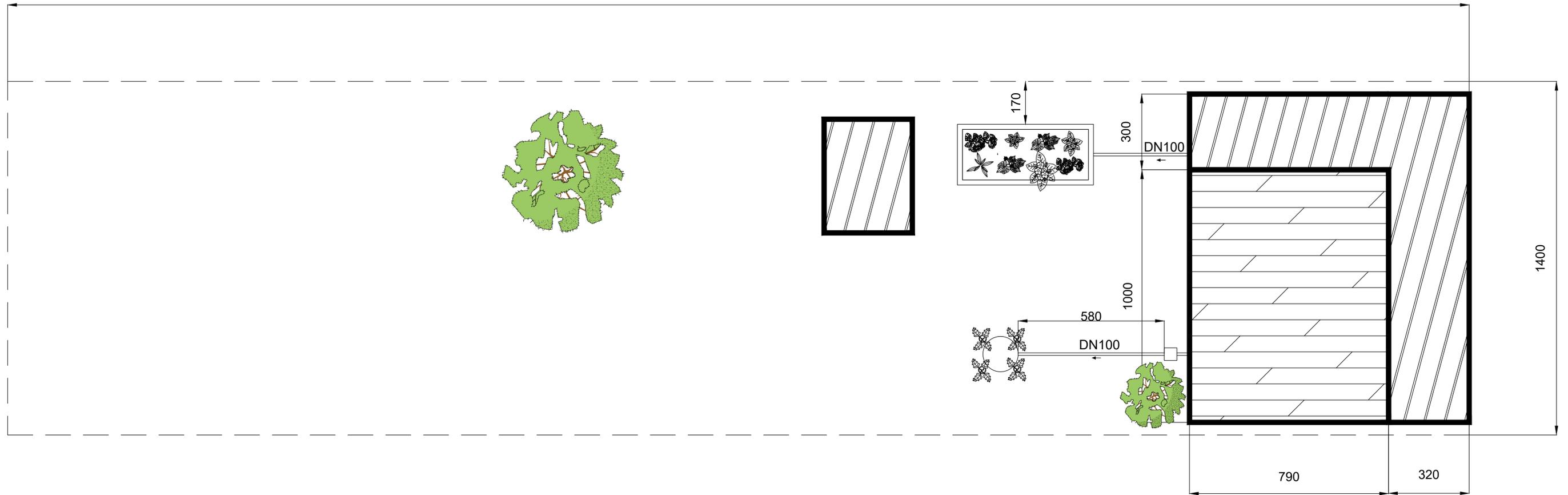
FOLHA:

02 DE 05

TERRENO - RESIDÊNCIA 04

ESC=1:80

5800



NOTA

- 1 - COTAS EM CENTÍMETROS
- 2 - DIÂMETROS EM MILÍMETROS

LEGENDA:



DELIMITAÇÃO DO TERRENO



TEVAP

DN - DIÂMETRO NOMINAL



DELIMITAÇÃO DOS TELHADOS



CÍRCULO DE BANANEIRAS

PLANTA DO POSICIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO - RESIDÊNCIA 04 BIQUINHAS - MG

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS

ELABORADO POR:

LEONORA PIO FASSY

DATA:

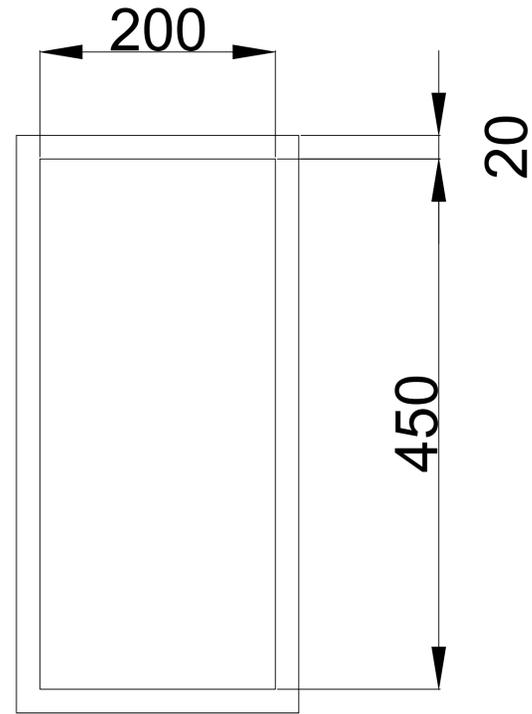
NOVEMBRO / 2023

FOLHA:

04 DE 05

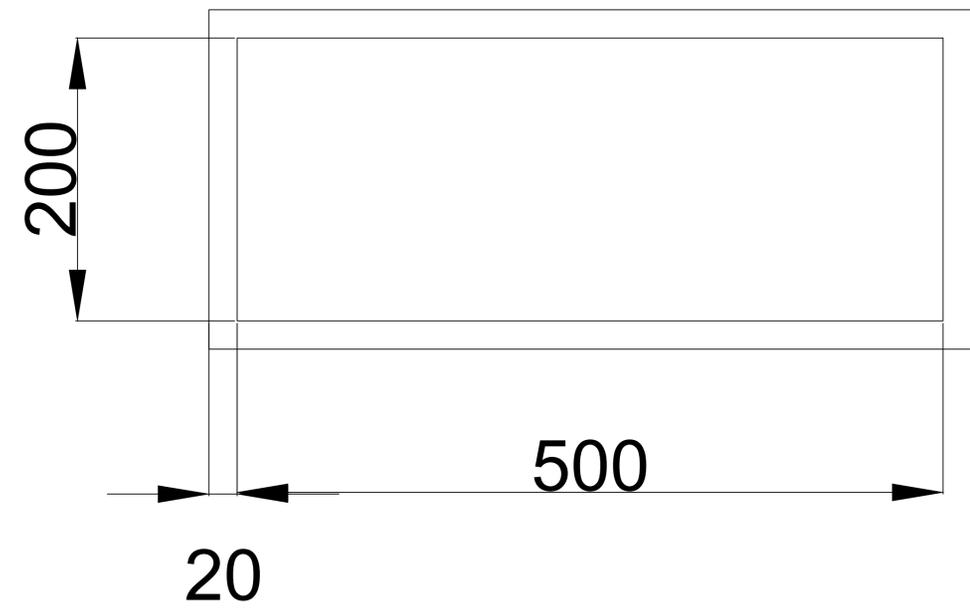
TEVAP DA RESIDÊNCIA 01

ESC=1:30



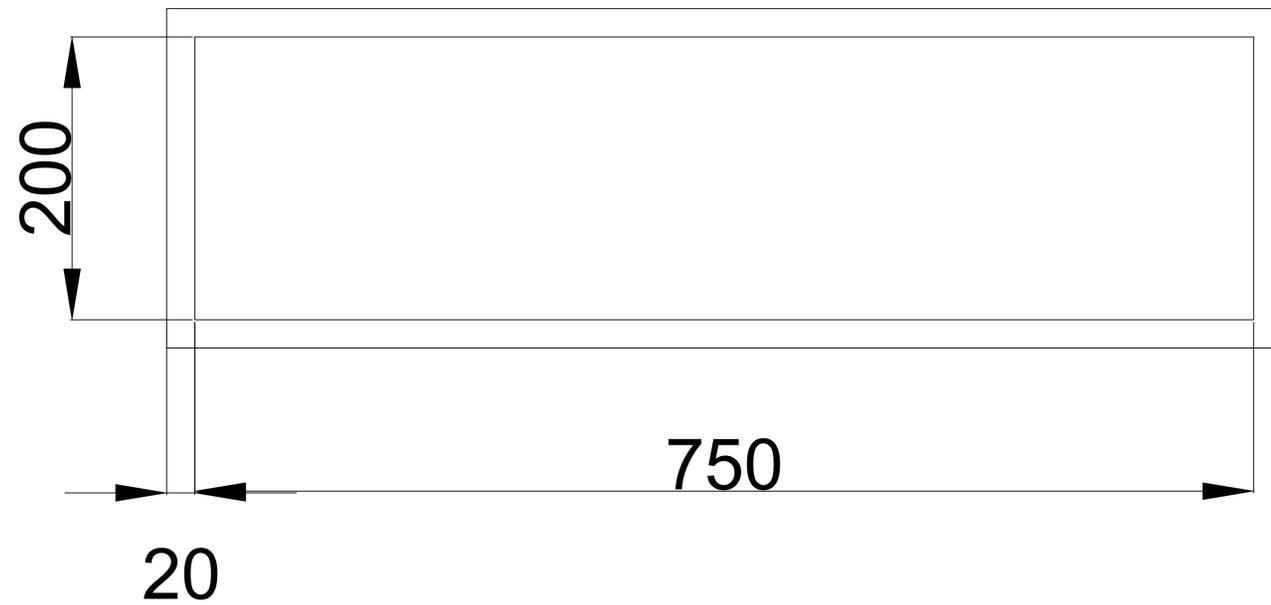
TEVAP DAS RESIDÊNCIAS 02 E 04

ESC=1:25



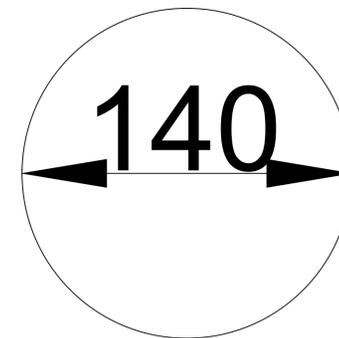
TEVAP DA RESIDÊNCIA 03

ESC=1:25



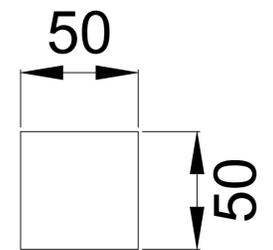
CÍRCULO DE BANANEIRAS

ESC=1:15



CAIXA DE GORDURA DAS RESIDÊNCIAS

ESC=1:15



NOTA

1 - COTAS EM CENTÍMETROS

LEGENDA:

**DETALHE DAS ESTRUTURAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO
BIQUINHAS - MG**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS

ELABORADO POR:

LEONORA PIO FASSY

DATA:

NOVEMBRO / 2023

FOLHA:

05 DE 05