UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

CINTIA ALVES BAIA

DÉBORA REGINA DA COSTA FERREIRA

DIMENSIONAMENTO E ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS PARA FINS DE REUSO NA IRRIGAÇÃO

TUCURUÍ/PA
2019

CINTIA ALVES BAIA

DÉBORA REGINA DA COSTA FERREIRA

DIMENSIONAMENTO E ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS PARA FINS DE REUSO NA IRRIGAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Profª Ma. Vanessa Conceição dos Santos

TUCURUÍ/PA
2019

CINTIA ALVES BAIA

DÉBORA REGINA DA COSTA FERREIRA

DIMENSIONAMENTO E ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS PARA FINS DE REUSO NA IRRIGAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data da defesa: 08 / 07 / 2019

Conceito: _____

BANCA EXAMINADORA

_____
Profa. Ma. Vanessa Conceição dos Santos (Orientadora)
UFPA/CAMTUC/FAESA

_____
Profa. Dra. Etiene Elayne Meireles da Rocha (Avaliadora interna)
UFPA/CAMTUC/FAESA

_____
Prof. Me. Marlon Braga dos Santos (Avaliador externo)
UFPA/CAMTUC/FEC

Dedicamos este trabalho primeiramente à Deus, nosso guia, pela força espiritual nas horas de angústia, e aos nossos pais pelo incentivo e apoio emocional no decorrer do curso.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me iluminou em todos os momentos e tornou possível a obtenção desta graduação, que representa mais uma etapa muito importante em minha vida.

Agradeço aos meus pais, Mª Estela e Manuel, que se esforçaram muito para que eu me dedicasse exclusivamente aos estudos e conseguisse alcançar esta vitória.

Ao meu esposo Odailson, pelo incentivo, carinho, companheirismo e compreensão nos momentos em que mais precisei.

Aos meus irmãos Alex e Cristiane pela convivência e amor que construímos em nosso lar.

A minha orientadora Prof.ª Ma. Vanessa Conceição dos Santos, pela confiança, pelo crédito imediato, ao aceitar me orientar, dando-me orientações de como prosseguir e solucionar os problemas na elaboração deste trabalho.

A todos os meus professores do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental pela parcela importantíssima na construção do meu conhecimento, especialmente aos professores Me. Davi Edson Sales e Souza pela condução nos momentos que precisei da sua ajuda no decorrer do curso e Dr.º César Juan Alarcon pelo conhecimento, atenção e paciência em todas as disciplinas ministradas.

A minha colega e amiga Débora na parceria deste trabalho.

Ao amigo de classe, Thallis Pereira pela paciência e tempo dedicado a nos ajudar, sempre que solicitamos sua ajuda.

No mais, muito obrigado a todos, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, sem o apoio e incentivo de todos vocês, eu jamais teria alcançado essa conquista.

Cintia Baia

A Deus, por iluminar sempre o meu caminho, dando-me forças para continuar e sempre achar que era possível, mesmo diante da desestabilidade emocional e psicológica que enfrentei no decorrer do curso;

Aos meus pais, Andréa e Dirceu (em memória) por todo ensinamento durante minha criação, pelo incentivo nos meus estudos, pelos bons momentos que passamos juntos em família e, acima de tudo, pelo amor incondicional que sempre tiveram por mim. O que sou devo à educação depositada por vocês. Esse sonho e tudo o que alcancei na minha vida eu dedico a vocês meus pais queridos.

Ao meu irmão Dirceu Junior, meu porto seguro, protetor, amigo que em todos os momentos me deu apoio para a realização dessa minha conquista.

Ao meu sobrinho Victor, que me arranca os sorrisos com sua doçura e pureza, gerando em mim forças para seguir em frente.

A minha cunhada Luciara pela amizade, força, cumplicidade nos momentos mais difíceis, pela alegria e descontração, tão necessárias ao nosso dia a dia.

Ao Felipe, pela compreensão, companheirismo e apoio emocional que me deu em momentos difíceis.

A todos os meus professores do curso, em especial a Prof.ª Ma. Vanessa Conceição dos Santos, que me aceitou como orientanda, agradeço pela paciência e ensinamentos que foram de suma importância, pela exigência que me fez buscar cada vez mais um padrão de qualidade para a realização desse trabalho.

Ao Prof.º Me. Davi Edson Sales e Souza, que sempre me ajudou nos momentos de dificuldade, que não hesitava quando lhe solicitava suporte, durante sua permanência na direção da FAESA.

À UFPA, pela excelência em ensino, e pelas oportunidades de aprendizado e convivência, que foram fundamentais para a minha formação profissional e amadurecimento como pessoa.

A minha colega Cintia pela amizade, incentivo e colaboração na realização deste trabalho.

Ao amigo de turma, Thallis Pereira pela contribuição dada para elaboração deste trabalho.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho fosse construído.

Débora Regina

“Existem mais coisas entre o céu e a terra do que supõe a nossa vã filosofia”

(William Shakespeare)

RESUMO

BAIA, C. A.; FERREIRA, D. R. da C.; **Dimensionamento e Estimativa dos Custos de um Sistema de Tratamento de Águas Cinzas Para Fins de Reuso na Irrigação. 2019. 84f.** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal do Pará, Campus Tucuruí.

Este trabalho apresenta um projeto de dimensionamento de sistema de reúso de águas cinzas para irrigação, contemplando definições que atendem aos parâmetros estabelecidos nas recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 7229/92, NBR 7229/93, NBR 13969/97 e NBR 8160/99. O projeto foi realizado para ser implementado em uma residência rural unifamiliar de baixo custo financeiro, localizado na vicinal Três Torres, à 8 Km do município de Breu Branco, Pará. O tipo de sistema de tratamento utilizado, foi baseado em um experimento executado no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, levando em consideração a viabilidade econômica da implantação e manutenção. A coleta da água cinza ocorrerá em diversos pontos da residência (lavatórios do banho, tanque de lavar roupa, máquina de lavar roupa e pia de cozinha). As caracterizações quantitativas e qualitativas foram baseadas na literatura. A etapa de pré-tratamento das águas provenientes da pia de cozinha, é composta por uma caixa de gordura de alvenaria em formato cilíndrico com dimensões de 40 cm de diâmetro e 50 cm de altura. Para complementação do tratamento teremos: um tanque séptico com capacidade de 2000 L e um filtro anaeróbio de 800 L. Na etapa de desinfecção foi adotado o uso de um clorador simplificado, por ser uma alternativa de fácil operação. Por fim, o armazenamento da água tratada, contará com um reservatório inferior de 1000 L e com o auxílio de uma bomba periférica BP500, encaminhado-a para um reservatório posterior de 1000 L, assim a água de reúso será distribuída por gravidade para irrigar plantas ornamentais e não-frutíferas. A finalidade do estudo é gerar informações que visam motivar a implantação de novos projetos de reúso de águas cinzas em residências rurais, a partir de um experimento economicamente viável, que transforma a água que seria descartada tornando-se um agente poluidor do meio ambiente em água de reúso.

Palavras-chaves: Águas Cinzas; Dimensionamento; Irrigação; Reúso.

ABSTRACT

This work presents a design for the design of a gray water reuse system for irrigation, contemplating definitions that meet the parameters established in the Brazilian Technical Standards Association (BTSA) recommendations NBR 7229/92, NBR 7229/93, NBR 13969/97 and NBR 8160/99. The project was carried out to be implemented in a low-cost, single-family rural residence located at the Três Torres vicinal, at 8 km from the municipality of Breu Branco, Pará. The type of treatment system used was based on an experiment carried out in the municipality of Mossoró, Rio Grande do Norte, taking into account the economic viability of the implantation and maintenance. Gray water collection will take place in various parts of the residence (wash basin, wash basin, washing machine, washing machine and kitchen sink). Quantitative and qualitative characterizations were based on the literature. The pre-treatment stage of the water from the kitchen sink, is composed of a box of masonry grease in cylindrical format with dimensions of 40 cm in diameter and 50 cm in height. To complement the treatment we will have: a septic tank with a capacity of 2000 L and an anaerobic filter of 800 L. In the disinfection step was adopted the use of a simplified chlorinator, being an alternative of easy operation. Finally, the storage of the treated water will have a lower reservoir of 1000 L and with the aid of a BP500 peripheral pump, sent to a 1000 L backwater reservoir, so the reuse water will be distributed by gravity to irrigate plants ornamental and non-fruiting. The purpose of the study is to generate information that aims to motivate the implementation of new gray water reuse projects in rural residences, from an economically viable experiment that transforms the water that would be discarded becoming an agent polluting the environment in water of reuse.

Key-words: Gray Waters; Sizing; Irrigation; Reused

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estimativa de conservação da água a partir de diferentes alternativas. 18
Figura 2: Sistema de reúso de águas cinzas. 21
Figura 3: Esquema do sistema de águas cinzas. 37
Figura 4: Estação de tratamento de águas cinzas. 43
Figura 5: Sistema de tratamento de águas cinzas, instalado na Associação Comunitária Reciclando para a Vida (ACREVI). 44
Figura 6: Localização de Breu Branco no Pará 45
Figura 7: Localização da área de estudo, localizada na zona rural do município de Breu Branco – Pará. 46
Figura 8: Vista da área irrigada. 46
Figura 9: Fluxograma das etapas da metodologia empregada no desenvolvimento do trabalho 47
Figura 10: Esquema do sistema proposto 50
Figura 11: Detalhamento das unidades de tratamento 67
Figura 12: Bomba d'água Intech Machine Periférica BP 500 – 1/2 HP – 0,506 CV 70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Formas de reúso e suas características. 19
Tabela 2: Consumo de água em cada aparelho doméstico. 28
Tabela 3:Tipos de reúso associados aos riscos à saúde e ao meio ambiente. 30
Tabela 4: Exigências mínimas para uso de água não potável. 31
Tabela 5: Classificação dos parâmetros de qualidade da água segundo os reúsos previstos. 34
Tabela 6: Valores de parâmetros estabelecidos pela NBR 13969/97 para as quatros classes de atividades não-potáveis. 35
Tabela 7: Fontes de águas cinzas e poluentes presentes nos efluentes. 38
Tabela 8: Consumo de água por ponto de utilização. 59
Tabela 9: UHC e diâmetros dos aparelhos 60
Tabela 10: UHC e diâmetros dos trechos 60
Tabela 11: Cálculo hidráulico da rede coletora de esgoto 61
Tabela 12: Dosagem do hipoclorito de cálcio e tempo de funcionamento da bomba 65
Tabela 13: Cálculo do comprimento equivalente da tubulação de sucção e recalque 69
Tabela 14: Dados técnicos da Bomba d'água Intech Machine Periférica BP 500 70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ACREVI	Associação Comunitária Reciclando para Vida
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONEDU	Congresso Nacional de Educação
DN	Diâmetro Nominal
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DECA	Empresa Brasileira de Louças e Metais sanitários
DQO	Demanda Química de Oxigênio
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBNET	International Benchmarking Network for Waterand Sanitation Utilities
l	Litro
LF	Lodo Fresco
M	Metro
mL	Mililitro
NBR	Norma Brasileira
NMP	Número Mais Provável
OD	Oxigênio Dissolvido
Oscip	Organização da Sociedade Civil de Interesse Público
PA	Pará
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UHC	Unidade Hunter de Contribuição
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
USP	Universidade de São Paulo
uT	Unidade de Turbidez
WHO	*World Health Organization*

LISTA DE SÍMBOLOS

As	Arsênio
Cd	Cádmio
Cr	Crômio
Hg	Mercúrio
K	Potássio
Mo	Molibdênio
N	Nitrogênio
Ni	Níquel
P	Fósforo
Pb	Chumbo
Se	Selênio
Zn	Zinco

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

1. INTRODUÇÃO 15

1.1 Objetivos 17

1.1.1 Objetivo Geral 17

1.1.2 Objetivos Específicos 17

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 18

2.1 Reúso da Água 18

2.1.1 Classificação de Reúso de Água 19

2.2 Classificação da Água quanto a cor 21

2.3 Águas Cinzas 22

2.3.1 Aspectos qualitativos das Águas Cinzas 23

2.3.2 Aspectos quantitativos das Águas Cinzas 27

2.3.3 Riscos e limitações 29

2.3.4 Requisitos de acordo com a finalidade 31

3. MATERIAL E MÉTODOS 45

3.1 Área de Estudo 45

3.2 Etapas dos procedimentos metodológicos aplicados 47

3.3 Caracterização do Sistema 47

3.4 Escolha do Sistema de Tratamento de Águas Cinzas 48

3.5 Consumo de Água Potável 50

3.6 Produção de Água cinza 51

3.7 Dimensionamento das Tubulações de Esgoto 51

3.8 Dimensionamento do sistema de coleta, tratamento e distribuição 52

3.8.1 Dados do Projeto 52

3.8.2 Volume de contribuição de esgoto da residência 52

3.8.3 Dimensionamento da Caixa de Gordura 53

3.8.4 Dimensionamento do Tanque Séptico Cilíndrico 53

3.8.5 Dimensionamento do Filtro Anaeróbio Cilíndrico 54

3.8.6 Dimensionamento do Reservatório Inferior de Águas Cinzas 55

3.8.7 Dimensionamento do Conjunto Motor-Bomba 55

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 59
4.1 Estimativa do Consumo de Água Potável 59
4.2 Estimativa da Produção de Água Cinza 59
4.3 Tubulações de Esgoto 60
4.4 Sistema de Coleta 61
4.4.1 Caixa de Gordura 62
4.5 Sistema de Tratamento Proposto 62
4.5.1 Tanque Séptico Cilíndrico 62
4.5.2 Filtro Anaeróbio Cilíndrico 63
4.6 Desinfecção 63
4.6.1 Clorador Simplificado 64
4.7 Sistema de Distribuição 67
4.7.1 Reservatório Inferior de Águas Cinzas 67
4.7.2 Reservatório Superior de Águas Cinzas Tratada 67
4.7.3 Conjunto Motor-Bomba 68
4.8 Avaliação dos Custos 71
5. CONCLUSÃO 72
REFERÊNCIAS 74
APÊNDICES 80
APÊNDICE A – Perfil do Sistema. 81
APÊNDICE B – Perfil Hidráulico. 81
APÊNDICE C – Sistema de Sucção e Recalque das Águas Cinzas Tratada. 81
APÊNDICE D – Detalhamento do Trecho F. 81
APÊNDICE E – Corte do Sistema de Tratamento de Águas Cinzas. 81
APÊNDICE F – Planta baixa da Residência com tubulações Sanitárias e Sistema de Irrigação. 81
APÊNDICE G – Clorador Simplificado. 81
APÊNDICE H – Planilha de Cálculo Hidráulico. 81
APÊNDICE I – Planilha de Orçamento. 81

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem natural e essencial à vida, um recurso de fundamental importância para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Tendo seu valor reconhecido como bem comercial, isto é, escasso e limitado. Mesmo que encontrada em abundância no território nacional, já apresenta comprometimento em suas propriedades e quantidades, associado a uma demanda superior ao volume ofertado.

A escassez da água é um dos maiores problemas ambientais iminentes da vida moderna. É por este motivo que a discussão acerca da busca por meios alternativos para o reaproveitamento do recurso é pauta cada vez mais recorrente na agenda do mundo empresarial, de órgãos ambientais, de governos em todas as suas esferas e do próprio cidadão (Tera Ambiental, 2014).

No Brasil o índice de perda física é muito alto, se comparado com outros países, correspondente a aproximadamente 39% da água produzida (IBNET, 2011). De acordo com a pesquisa do Instituto Trata Brasil, uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público - OSCIP (2017), a rede de abastecimento de água no Pará serve apenas 47,10% dos paraenses e a perda de água total é 39,72%. Em Breu Branco (PA) o índice de perdas por ligação em 2013 foi de 312,95 L/dia. O volume que se perdeu corresponde a 45,57% da quantidade de água produzida para atender o município (SNIS, 2013). Sendo assim torna-se necessário a criação de meios capazes de atenuar o uso demasiado e descontrolado dos recursos hídricos, evitando ou minimizando sua poluição e desperdício.

Uma das soluções para a escassez hídrica, ao lado de ações de uso racional, é a reutilização de águas residuárias para uso não potável, do qual tem sido praticado em várias partes do mundo, se tornando uma saída ideal para a atenuação do problema. Segundo Mancuso e Santos (2003), a reutilização de águas cinzas vem se consolidando cada vez mais como um instrumento de grande importância para a preservação e conservação dos recursos naturais.

Considera-se águas cinzas aquelas derivadas dos chuveiros, lavatórios de banheiro, banheiras, pias, tanques e máquinas de lavar roupas. Essa utilização pode ser dada na agricultura através da irrigação. Segundo Mehnert (2003) o aproveitamento destas águas na agricultura controla a poluição de corpos d'água, fornece água para as culturas, recicla nutrientes e aumenta a produção agrícola.

Contudo, o reuso de águas cinzas na irrigação deve considerar um tratamento adequado para não ser nociva ao meio ambiente, à saúde humana, ao solo, e aos cultivos agrícolas.

O reúso de águas cinzas reduz o volume de esgoto, atenuando os impactos ambientais ocasionados pelo lançamento de efluentes domésticos, além de auxiliar no combate a escassez hídrica.

Para tanto, no decorrer deste trabalho serão aplicados os conhecimentos investigativos sobre o reúso de águas cinzas, analisando a estimativa econômica e técnica da implantação de um sistema de captação, tratamento e distribuição dessa água, e sua aplicabilidade na irrigação, mantendo a relação de custo e benefício, para uma residência em localidade rural.

A água cinza tratada junto à fonte geradora, para uso no próprio local, apresenta grandes vantagens do ponto de vista energético, pois evita longos transportes de condução a uma unidade de tratamento para o seu posterior retorno aos pontos de consumo. Assim, é interessante a possibilidade de um sistema de tratamento de fácil operação e manutenção, o qual o usuário possa fazê-lo sem grandes dificuldades e custos.

A pesquisa foi conduzida em uma residência rural, de baixo padrão, localizada em Breu Branco – Pará, e atenderá um total de cinco pessoas. Sendo coletadas as águas cinza, ou seja, somente dos lavatórios do banho, do tanque de lavar roupa, máquina de lavar roupa e pia da cozinha. Tendo como finalidade mostrar os benefícios e resultados obtidos a partir de um experimento de reúso de águas cinzas, que após o tratamento correto poderá ser utilizado para a irrigação de plantas ornamentais e não-frutíferas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Propor um sistema de tratamento, de baixo custo e eficiente e de fácil operação que proporcione o reaproveitamento de águas cinzas provenientes de ambientes domésticos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Definir a demanda e a produção de águas cinzas em uma residência rural;
- Apresentar os requisitos de um projeto de dimensionamento de tratamento de reúso de águas cinzas;
- Apresentar o projeto executivo do sistema de tratamento proposto;
- Estimar a viabilidade econômica da implantação e manutenção desse sistema de reúso de águas cinzas.

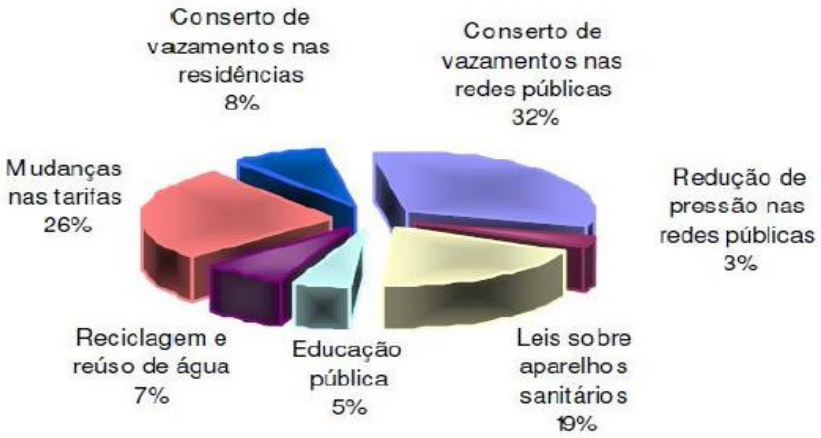
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Reúso da Água

Segundo Telles *et al.* (2007), considera-se o reúso o aproveitamento do efluente após uma extensão de seu tratamento, com ou sem investimentos adicionais. Todo volume de esgoto gerado precisa ser tratado para ser reutilizado, e em algumas ocasiões estes efluentes exigem um processo particular de purificação. Em vista disso, a água de reúso é um efluente que foi tratado, sendo o resultado de todo um processo de purificação e tratamento especializado, devendo seguir os parâmetros de qualidade estabelecidos pela legislação brasileira podendo ser utilizada para diversas finalidades, que não sejam o consumo humano.

O reúso da água vem se tornando uma ótima alternativa sustentável, pois após um tratamento adequado possibilita sua reutilização de diversas maneiras, cada um de acordo com a qualidade do tratamento. A reutilização de água pode resultar em economia de água potável, economia de energia elétrica e menor produção de esgoto sanitário, por fim, essa reciclagem resulta na preservação de água de mananciais, pois reduz a quantidade de água captada e a quantidade do lançamento de esgotos sanitários. Em um estudo feito por Tomaz (2001), expresso na Figura 1, estima-se que a reciclagem ou reúso da água pode conservar 7% da água de todo desperdício causado.

Figura 1: Estimativa de conservação da água a partir de diferentes alternativas.



Fonte: Tomaz (2001).

2.1.1 Classificação de Reúso de Água

Em diversas fontes bibliográficas, tais como Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (1992); Crook et al. (1994); Escalera (1995); Setti (1995); Brega Filho e Mancuso (2002) classificam o reúso de água, em geral como: potável e não-potável. Essa classificação foi adotada por esses autores pela sua praticidade e facilidade. E a partir dessa classificação foi adotado a seguinte subdivisão:

a) Reúso Potável

Divide-se em direto e indireto. O reúso potável direto ocorre quando o esgoto é recuperado por meio de tratamento avançado e reutilizado diretamente no sistema como água potável e, o indireto ocorre quando o esgoto, após o tratamento, é disposto nas coleções de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

b) Reúso Não-Potável

É dividido de acordo com sua finalidade, como por exemplo: para fins agrícolas, industriais, domésticos, recreacionais, para manutenção de vazões, para aquicultura e para recarga de aquíferos subterrâneos. Esses reúsos podem ser planejados, ou seja, quando se tem a intenção de aproveitar o efluente tratado, considerando-se os custos envolvidos, os riscos à saúde pública e os benefícios esperados (sendo este a forma mais adequada da sua aplicação) e não-planejados que é quando não se tem a intenção de aproveitar o efluente tratado, porém este e utilizado de forma não controlada. A Tabela 1 apresenta as principais formas de reúso e suas características.

Tabela 1: Formas de reúso e suas características.

Formas de reúso	**Características**
Direto	Uso planejado de esgotos tratados para certa finalidade como uso industrial, irrigação e água potável.
Indireto	Quando a água, já utilizada, uma ou mais vezes para o uso doméstico ou industrial, é descartada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente, mas de forma diluída.

Planejado	Quando este é resultado de uma ação planejada e consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado.
Não planejado	Caracterizado pela maneira não intencional e não controlada de sua utilização.
Potável	Com a finalidade de abastecimento da população.
Não potável	Objetiva atender a demanda que tolera águas de qualidade inferior (Fins industrias, recreacionais, irrigação, descarga em vasos sanitários, entre outros).
Potável direto	O esgoto é recuperado através de tratamento avançado e é injetado diretamente no sistema de água potável.
Potável Indireto	O esgoto depois de tratado é lançado nas águas superficiais ou subterrâneas para diluição e purificação natural, objetivando uma posterior captação e tratamento.

Fonte: Adaptado de MANCUSO; SANTOS (2003).

Por sua vez, em ambiente rural, a água pode ser reutilizada de diversas maneiras. Dentre as atividades que utilizem água não-potável, podemos citar: descargas de vasos sanitários; irrigação de plantas ornamentais, de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, e de plantas não alimentícias tais como pastagens e forrações; lavagem de estábulos; lavagem de pisos e calçadas; lavagem de automóveis e máquinas agrícolas; dessedentação de animais; fins paisagísticos (chafarizes, enchimento de lagoas ornamentais, etc); recreação; combate a Incêndio; na aquacultura ou aquicultura (consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando a obtenção de alimentos e/ou energia) e entre outros.

O reúso de água cinza enquadra-se no reúso não-potável, podendo ser utilizada para todos os fins citados acima. Quando recuperada e para que possa ser aplicada de forma sustentável, um conjunto de fatores precisam ser atendidos. Os principais fatores requeridos, que são de natureza técnica e/ou legal, podem ser visualizados na Figura 2. Na maioria das vezes, esses fatores são analisados após as condições sociais econômicas e ambientais envolvidas na implantação do reúso serem atendidas com segurança (MENDONÇA, 2004).

Figura 2: Sistema de reúso de águas cinzas.

Fonte: ANA-FIESP (2005).

Nesse contexto, o reúso de águas cinzas para fins não potáveis apresenta-se como excelente solução para a redução do consumo de água. Gilboa e Friedler (2008) afirmam que, o reúso de águas cinzas é muito proveitoso, pois esse efluente possui menores concentrações de agentes poluidores, e, no entanto, constitui grande parte do volume de esgoto doméstico, representando de 50% a 80% do total gerado em residências.

2.2 Classificação da Água quanto a cor

Conforme Bazzarella (2005) é necessário que se realize a distinção entre os diferentes tipos de águas residuais, obtendo-se, assim, sucesso nos projetos de reúso. Quanto mais informações se obtiverem a respeito do efluente, melhor será possível caracterizá-lo e, portanto, escolher o tratamento mais adequado, atendendo aos requisitos de qualidade exigidos para o reúso que se deseja.

As águas residuais dentro de uma residência podem ser segregadas da seguinte forma (GONÇALVES et. al., 2006):

- Águas azuis: efluentes provindos de águas de chuvas;
- Águas cinzas: águas servidas provenientes de pias, chuveiros, etc. excluindo efluentes provindos de vaso sanitário e pia de cozinha;
- Águas negras: definidas como o esgoto proveniente da bacia sanitária e mictório, compostos por fezes, urina e papel higiênico. Este tipo de água

apresenta elevada carga orgânica e sólidos em suspensão. Sendo constituído por 90% de carga de nitrogênio, 40% da carga de fósforo e 10% de DBO5 (5 dias a 20 °C) e DQO;

- Águas marrom: efluente representando somente as fezes;
- Águas amarelas: efluente representado somente pela urina.

2.3 Águas Cinzas

Segundo Gelt (2001 *apud* BORGES, 2003, p. 27), água cinza é aquela originada pelo chuveiro, banheira, lavatório e máquina de lavar, desconsiderando a água cinza proveniente da pia de cozinha e máquina de lavar pratos. Mendonça (2004) também não considera como água cinza aquela gerada na pia da cozinha, por apresentar um índice maior de microrganismos devido aos restos de alimentos, gorduras e óleos. Já Eriksson *et al.* (2002) considera os efluentes oriundos da pia da cozinha como água cinza, além das demais fontes de esgoto, com a exceção do vaso sanitário.

Para este trabalho, adotou-se água cinza como toda água proveniente do uso doméstico que não possua contribuição de efluentes de vasos sanitários, com base em Eriksson *et al.* (2002), do qual pode ser considerada água cinza, aquelas que são elas oriundas da máquina de lavar roupas, tanques, chuveiros, pias da cozinha e lavatórios.

A possibilidade de reúso de águas cinzas tem recebido uma atenção especial, pelo fato desta fração de esgoto ser menos poluída que o esgoto urbano, pela ausência de fezes, urina e papel higiênico. Conhecer as características deste tipo de água é importante para a avaliação das possibilidades de reúso.

De acordo com Jefferson *et al.* (1999 *apud* BAZZARELLA, 2005, p. 39), a água cinza é geralmente originada pelo uso de sabão ou de outros produtos para lavagem do corpo, de roupas ou de limpeza em geral. As suas características estão relacionadas a diversos fatores, como a fonte de água que está sendo utilizada e a forma como a mesma chega até a residência, possuindo uma relação direta com as atividades domésticas realizadas e com a forma de vida da família.

Avaliar os aspectos físicos, químicos e microbiológicos das águas cinzas, se faz necessário para que o reuso da água seja feito de forma segura e ambientalmente correta, além de ser importante para a escolha do tipo de tratamento adequado.

2.3.1 Aspectos qualitativos das Águas Cinzas

As características qualitativas das águas cinzas variam muito de acordo com a localidade e nível de ocupação da residência, faixa etária, estilo de vida, classe social e costumes dos moradores (NSW HEALTH, 2002) e com a origem das águas cinzas como: lavatório, chuveiro, máquina de lavar, etc. (NOLDE, 1999). Outro fator, que segundo Eriksson *et al.* (2002), também contribui é a qualidade da água de abastecimento.

Para concretizar um projeto de sistema de tratamento de um efluente de águas cinzas se faz necessário verificar a qualidade, baseado nos poluentes da água através de análises físicas, químicas e microbiológicas. A seguir apresentaremos a variação dos principais parâmetros que caracterizam as águas cinzas de uma residência, segundo alguns autores.

a) PARÂMETROS FÍSICOS

Os mais relevantes, conforme Bazzarella (2005), que devem ser consideradas em relação às águas cinzas são temperatura, turbidez, cor aparente e o conteúdo de sólidos suspensos.

- Temperatura: Altas temperaturas podem ser indesejáveis devido ao favorecimento do crescimento de microrganismos;
- Cor aparente: Quanto à cor aparente é aquela medida sem a remoção de partículas em suspensão na água. E há ainda a chamada cor verdadeira, a qual não sofre interferência de partículas em suspensão na água, sendo obtida após centrifugação ou filtração da amostra (PÁDUA e FERREIRA, 2006, p.193);
- Turbidez e Sólidos Suspensos: As medidas de turbidez e sólidos suspensos podem dar alguma informação a respeito do conteúdo de partículas e colóides que poderiam induzir ao entupimento de instalações de transporte e tratamento desses efluentes. Resíduos de

alimentos, cabelos e fibras de tecidos são alguns exemplos de material sólido nas águas cinzas de cozinha, banheiro e lavanderia, respectivamente. Esses materiais em suspensão conferem um aspecto desagradável ao efluente, além de servirem de abrigo para microrganismos, podendo ocasionar rejeição por parte dos usuários no caso de um reúso sem tratamento.

A presença de sólidos na água pode levar a problemas de entupimento da tubulação. Esse problema pode ser agravado com o lançamento de detergentes na água, pois esses coloides, combinados com os surfactantes (oriundo dos detergentes), causam estabilização da fase sólida devido à adsorção do surfactante na superfície do sólido (ERIKSSON *et al.,* 2002).

b) PARÂMETROS QUÍMICOS

Podem ser divididos em: compostos orgânicos, compostos nitrogenados, compostos fosforados, compostos de enxofre, condutividade elétrica, pH, dureza, OD e óleos e graxas (BAZZARELLA, 2005).

- Compostos orgânicos: Devem ser observados os índices de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e de DQO (Demanda Química de Oxigênio). Esses valores são responsáveis por indicar o risco de depleção de oxigênio devido à degradação da matéria orgânica durante o transporte e estocagem e, ligado a isso, o risco de produção de sulfeto. Sabe-se que grande parte da DQO advém de produtos químicos utilizados em edificações, tais como detergentes e outros produtos de limpeza.
- Compostos nitrogenados e fosforados (nutrientes): Sabe-se que a principal fonte de nitrogênio presente no esgoto convencional advém da urina. Dessa maneira, as concentrações de nitrogênio total na água cinza são mais baixas do que no esgoto comum, uma vez que as águas advindas da bacia sanitária não são consideradas águas cinzas, ainda que seja comum urinar durante o banho em algumas residências. Para os autores que consideram as águas originadas da pia da cozinha como água cinza, sabe-se que esse efluente contribui para os níveis de nitrogênio encontrados nessas águas. Do mesmo

modo, a principal fonte de fósforo nas águas cinzas são os detergentes, principalmente em locais onde ainda é permitido o uso de detergentes contendo fosfatos (ERIKSSON *et al.,* 2002).

- Compostos de enxofre: Um composto de enxofre importante que é encontrado na água cinza é o íon sulfato (SO_4^{2-}), presente também no esgoto sanitário convencional. Porém, ressalta-se que, nas águas cinzas essas concentrações são preocupantes em virtude da rapidez em que podem se tornar anaeróbias, reduzindo os sulfatos a sulfetos que, combinados hidrogênio formam o sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico (H_2S). A formação de (H_2S) acima de acima de 1mg/L gera maus odores. Como exemplo pode ser citado o odor desagradável de roupas que permaneceram sob enxágue em água com sabão por períodos prolongados.
- Condutividade Elétrica: É a capacidade da água de transmitir corrente elétrica. É determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions (PORTO *et al*., 1991, p.43). O monitoramento se dá através das medidas da concentração total de sais dissolvidos presentes na água. Os principais sais que contribuem para a condutividade da água natural são os sais de potássio, sódio, cálcio, magnésio na forma de sulfatos, cloretos, carbonatos e bicarbonatos.
- pH (Potencial hidrogeniônico): Segundo Von Sperling (1996, p. 30) o pH representa a concentração de íons de hidrogênio H+ (em escala antilogarítmica), indicando sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, varia entre 0 e 14. A acidez é a capacidade quantitativa de reagir com uma base forte até um valor designado de pH, devido à presença de ácidos fortes, ácidos fracos e sais que apresentam caráter ácido. Este parâmetro não se constitui em qualquer tipo de padrão, sendo controlado pelo valor do pH; Já a alcalinidade é a capacidade de neutralizar ácidos. Este parâmetro não representa risco potencial à saúde pública, não se constituindo, portanto, em padrão de potabilidade, sendo limitado, assim como a acidez, pelo valor do pH.

As águas cinzas possuem o pH próximo à neutralidade, assim como os esgotos sanitários domésticos. O que pode provocar um aumento desse valor é a presença de sabões nas máquinas de lavar roupas e tanques. Níveis de pH fora da neutralidade podem provocar corrosões e também prejudicar o tratamento de água diminuindo a velocidade dos mesmos.

- Dureza: se trata da medida da capacidade de precipitar o sabão, ou seja, de transformar os sabões em complexos insolúveis, não formando espuma até que o processo se esgote. É causada pela presença de cálcio e magnésio e outros cátions como ferro, manganês, zinco, alumínio, hidrogênio, etc, associados a ânions carbonatos e sulfatos, nitratos, silicatos e cloretos. Os compostos que conferem dureza são: bicarbonato de cálcio, bicarbonato de magnésio, sulfato de cálcio e sulfato de magnésio.
- OD (Oxigênio dissolvido): Provém do contato da água com a atmosfera e da produção por organismos fotossintéticos. Caso o oxigênio seja todo consumido, começa-se as condições anaeróbias e odores desagradáveis. As bactérias usam oxigênio dissolvido para respiração causando sua redução no meio.
- Óleos e graxas: Compostos orgânicos e que podem ser encontrados dependendo da origem da água cinza. O efluente da cozinha, por exemplo, possui além dos lipídios (óleos e gorduras), chá, café, amido solúvel, glicose, entre outros. A principal fonte dos óleos e graxas das águas cinza é o efluente de cozinha, porque diversos recipientes gordurosos são lavados neste local. Sendo assim, é de vital importância instalar uma caixa de gordura antes da entrada de qualquer sistema de tratamento de água cinza, pois ela terá a função de reter grande parte dos óleos e graxas presentes nesse efluente.

c) PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

No que diz respeito às características microbiológicas, embora a água cinza não possua contribuição dos vasos sanitários, de onde provém a maior parte dos microorganismos patogênicos, algumas atividades como limpeza das mãos após o uso de toalete, lavagem de roupas fecalmente contaminadas (ex: fraldas) ou o

próprio banho são algumas das possíveis fontes desses agentes na água cinza (OTTOSON e STENSTRÖM, 2003).

Os parâmetros microbiológicos da água são os vírus, bactérias, protozoários, coliformes, helmintos dentre outros. Segundo Ottoson e Stenström (2003), os riscos à saúde humana dependem: do tipo de patógenos, do tratamento aplicado e da rota de exposição. A presença de Escherichia coli ou outros organismos entéricos indica a contaminação fecal e a possibilidade de presença de patógenos intestinais, como Salmonella ou vírus entéricos, na água cinza. Quantidades grandes de coliformes fecais são indesejáveis e implicam uma maior chance de contágio em humanos durante o contato com a água cinza reutilizada (ROSE *et al.,* 2002). Entretanto, esse indicador pode, em alguns casos, superestimar os riscos devido ao seu potencial de crescimento dentro do sistema (OTTOSON e STENSTRÖM, 2003).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2006), o aproveitamento agrícola de águas residuárias deve seguir padrões microbiológicos, tais como: ≤ 1,0 ovo de helminto por litro e ≤ 1000 coliformes termotalerantes por 100 mL para fertirrigação de culturas consumidas cruas, de campos esportivos e de jardins públicos, quando a água residuária for tratada em série de lagoas de estabilização, no caso de exposição de trabalhadores, consumidores e público.

2.3.2 Aspectos quantitativos das Águas Cinzas

Segundo Gonçalves (2006), os aspectos quantitativos, tanto de produção quanto de demanda de águas cinzas, estão relacionados com o consumo de água dentro das residências, que variam principalmente de acordo com a região, o clima, renda familiar, número de habitantes na residência, costumes da população local, desperdício, valor da tarifa de água e estrutura do gerenciamento do sistema de abastecimento, podendo variar deste modo de local para local.

Características como vazão específica dos aparelhos sanitários, associadas à realidade de seus usos (frequência e duração de uso), permitem estimar a vazão diária de água cinza a ser produzida (SANTOS, 2002). No estudo realizado por Rocha et al. (1998), dentro do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), mostra que a determinação da caracterização do

consumo de águas residenciais tem sido feita em alguns poucos países do Hemisfério Norte e os correspondentes valores, por falta de outros válidos, têm sido utilizados pelas equipes técnicas brasileiras, apenas como referência, mostrando a necessidade urgente de levantamentos relativos à realidade brasileira. Um fator importante para o sucesso de um sistema de reúso é o balanço entre o suprimento e a demanda de água cinza.

Para que haja um sistema contínuo de água tratada é necessário analisar os aparelhos que abastecem o sistema de águas cinzas. De acordo com Gonçalves 2006 no Brasil a análise dessa oferta e demanda é fundamental, pois o chuveiro é a principal fonte de água cinza, com isso é necessário considerar que 80% da água cinza é produzida nos horários de pico 6:00 às 9:00 h, 11:00 às 14:00 e 17:00 às 21:00). A produção de água cinza ocorre em momentos diferentes, e 21 em curtos períodos de tempo gerando um déficit de água durante a tarde e madrugada, a utilização de reservatórios propiciam uma estocagem para corrigir esse déficit, mas acaba aumentando os elementos do sistema (*apud* SILVA, 2017, p.21).

Estimar o consumo de água em uma residência rural é tarefa bastante trabalhosa e complexa. Dependente de diversas variáveis e por maior que seja o cuidado sempre guardará alguma margem de incerteza.

Algumas estimativas de maior consumo de água são apresentadas na Tabela 2 baseado em dados publicados em diferentes fontes da literatura. Assim como também a média desses valores.

Tabela 2: Consumo de água em cada aparelho doméstico.

Aparelho Sanitário	**DECA***	**USP****	**PNCDA*****	**Gonçalves e Bazzarella**	**Valores médios**
Vaso sanitário	14%	29%	5%	14%	16%
Chuveiro	46,7%	28%	54%	47%	42,9%
Lavatório	11,7%	6%	7%	12%	8,23%
Pia de cozinha	14,6%	17%	17%	14%	16,2%
Tanque	4,9%	6%	10%	5%	6,97%
Máquina de lavar roupas	8,1%	5%	4%	8%	5,7%
Máquina de lavar louças	-	9%	3%	-	4%

*Empresa brasileira de louças e metais sanitários. ** Universidade de São Paulo*** Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Fonte: Adaptado de Gonçalves (2006) e May (2009).

Analisando os resultados da Tabela 2 é possível identificar os pontos de maior consumo de água, nota-se que a pia de cozinha apresentou o segundo maior consumo médio de água cinza dentro da residência, refletindo 16,2% do consumo total.

Dessa forma, o conhecimento do perfil de consumo da água se torna uma informação primordial para justificar neste trabalho, a inclusão dos efluentes oriundos da pia de cozinha.

Deve-se ressaltar que essa é uma caracterização do consumo de água aplicável aos valores restritos à época de realização das pesquisas, servindo como exemplificação de uma metodologia utilizada.

2.3.3 Riscos e limitações

O reúso da água é tecnicamente viável, mas pode gerar problemas relacionados com a contaminação, por isso cuidados devem ser tomados para o seu emprego e a forma de como será armazenada, levando-se em consideração a sua separação da água potável, evitando-se a conexão cruzada. É indispensável se ter um cuidado especial com às pessoas que não fazem parte da rotina diária da residência, já que essas podem não ter quaisquer informações sobre o sistema de reúso (BRASIL, 1997).

Para Asano *et al.* (1996), os principais parâmetros qualitativos a serem considerados para água recuperada, são os microbiológicos devido a preocupação com a proteção da saúde pública. Além disso, este autor destaca a importância das características da qualidade da água recuperada e principalmente que não seja esteticamente desagradável.

Uma pesquisa desenvolvida por Rose *et al.* (1991) revelou que organismos patogênicos são liberados na água do banho e da lavagem de roupas. Também, micro-organismos patogênicos podem estar presentes na água da lavagem de alimentos crus como carnes e vegetais (ALLOS and TAYLOR,1998). Os patógenos presentes nas águas residuárias e susceptíveis de disseminação no ambiente classificam-se nos seguintes grupos: bactérias, helmintos, protozoários e vírus (MEHNERT 2003; BARRELLA 2008).

Existe possibilidade de transmissão de patógenos, em qualquer modalidade de reúso, podendo assim colocar em risco diversos grupos populacionais. Conforme Blum (2003), os problemas podem ocorrer principalmente como consequência do contato das pessoas com a água de reúso, como por exemplo, contato por ingestão de alimentos crus e verduras irrigadas, consumidas cruas; por ingestão direta da água; contato através da pele, contato por meio da visão e do olfato (ex: descargas sanitárias), dentre outros.

Em casos de reúso, os microrganismos devem ser primeiramente considerados para garantir que a sua presença não represente risco significativo para a saúde dos usuários. Para isso, é necessário diferenciar os processos biológicos dos microrganismos, que podem ser agrupados, conforme a natureza do metabolismo predominante, em aeróbios e anaeróbios. A avaliação da qualidade sanitária da água do ponto de vista microbiológico, visando a prevenção de doenças de veiculação hídrica é realizada com o emprego de bactérias coliformes, que são divididas em coliformes totais e coliformes termotolerantes. A Tabela 3 apresenta alguns dos principais riscos à saúde e ao meio ambiente, associados a presença de tais microrganismos.

Tabela 3:Tipos de reúso associados aos riscos à saúde e ao meio ambiente.

Forma de reúso	**Riscos à saúde**
Agrícola	Contaminação de consumidores de alimentos contaminados com organismos patogênicos e/ou substâncias químicas tóxicas; Contaminação direta de trabalhadores; Contaminação do público por aerossóis; Contaminação de consumidores de animais que se alimentam de pastagens irrigadas, ou que sejam criadas em lagoas contaminadas.
Industrial	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de reuso; Se utilizada como água de processo, pode haver contaminação de produtos comestíveis; Contaminação direta dos trabalhadores.
Recreacional	Doenças de veiculação hídrica, infecção nos olhos, ouvidos e nariz; Ingestão de contaminantes químicos ou irritação dos olhos e mucosa, devido os efluentes industriais; Contaminação direta dos trabalhadores.
Recarga de Aquífero	Contaminação de aquíferos utilizados como fonte de água potável; Contaminação direta dos trabalhadores.
Reúso urbano não potável	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e reúso; Contato com água recuperada reutilizada para irrigação de parques e jardins ou lavagens de ruas; Contaminação direta dos trabalhadores.
Reúso potável	Ingestão de contaminantes biológicos e químicos; Contaminação direta de trabalhadores.

Fonte: Rodrigues, 2005

A qualidade da água de reúso é baseada no princípio de não permitir riscos maiores que um valor tido como aceitável. Ademais, a simples imposição de normas e procedimentos rígidos não garante a segurança dos usuários de águas de reúso principalmente se estas recomendações são inviáveis no contexto local. A segurança sanitária da água de reúso é comumente atribuída à eficácia do sistema de tratamento.

Este enfoque limita ao projeto e a operação de um sistema de tratamento de águas cinzas que tenha compromisso com a segurança sanitária. Neste contexto, e consequentemente o custo do sistema de reúso poderá ser tão maior quanto for o nível de tratamento requerido.

Ressaltando que o projeto, tem por finalidade apresentar um sistema de reuso de aguas cinzas para habitação unifamiliar e de baixo custo.

2.3.4 Requisitos de acordo com a finalidade

Serão definidos alguns requisitos de qualidade para o uso pretendido em diferentes níveis de tratamento, dando ênfase a atividade aplicada para água de reúso: irrigação. Nesse sentido, a Tabela 4 apresenta as exigências mínimas para uso da água não-potável em função das diferentes atividades a serem realizadas numa edificação.

Tabela 4: Exigências mínimas para uso de água não potável.

Atividade	**Exigência**
Água para irrigação, rega de jardim e lavagem de pisos	Não deve apresentar mau-cheiro Não deve conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas Não deve ser abrasiva e nem manchar superfícies Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana
Água para descarga em Bacias Sanitárias	Não deve apresentar mau-cheiro Não deve ser abrasiva e nem manchar superfícies Não deve deteriorar os metais sanitários Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais a saude humana
Água para refrigeração e sistema de ar condicionado	Não deve apresentar mau-cheiro Não deve ser abrasiva e nem manchar superfícies Não deve deteriorar máquinas e nem formar incrustações
Água para lavagem de Veículo	Não deve apresentar mau-cheiro Não deve ser abrasiva e nem manchar superfícies Não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem

	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana
Água para lavagem de Roupa	Deve ser incolor e livre de algas Não deve ser turva e não deve apresentar mau cheiro Deve ser livre de partículas sólidas e de metais Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana
Água para uso Ornamental	Deve ser incolor Não deve ser turva e não deve apresentar mau cheiro Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana
Água para uso em construção civil na preparação de argamassas, concreto, controle de poeira e compactação de solo	Não deve apresentar mau-cheiro Não deve alterar as características de resistência dos materiais Não deve favorecer o aparecimento de eflorescências de sais Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana

Fonte: Adaptado de Sautchúk et. al (2005).

Levando em consideração que a água de reúso será utilizada na irrigação, as exigências mínimas para tal, apresentadas anteriormente, e as diversas formas de tratamento presentes na literatura, buscou-se encontrar a tecnologia apropriada para estabelecer o sistema de tratamento mais viável para o reuso de águas cinza.

2.3.5 Reúso na irrigação

O reúso de água para irrigação surge como uma possibilidade para aumentar a oferta de água, assegurando economia do recurso e racionalização do uso desse bem. Diversos países já utilizam essa tecnologia e possuem regulamentação específica na temática.

Reúso de água é geralmente desconhecido no Brasil, porém, particularmente para reúso potável. Não é um conceito muito divulgado/discutido, ainda que veículos de comunicação tenham publicado alguns artigos sobre o tema (REVISTA VEJA, 2015 *apud* KUBLER *et al.* 2015, p.40).

Para Bernardi *apud* Guidolin (2000), é imprescindível destacar o conteúdo dos elementos minerais presentes em efluentes urbanos brutos, destacando a presença de macronutrientes, como N, P e K, bem como de micronutrientes, como As, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e Zn, alguns deles necessários ao desenvolvimento vegetal e outros até fitotóxicos.

Contudo, constata-se que a água residual pode ser utilizada como biofertilizante, porém não substitui uma adubação convencional, uma vez que não fornece todos os nutrientes necessários para um bom desenvolvimento da maioria das culturas, ainda que disponibilize uma boa quantidade de macro e micronutrientes. Água residuária é inicialmente responsável pelo condicionamento do solo, aumentando sua capacidade de reter água (COSTA *et al.,* 2009).

A utilização de água proveniente de reúso é diferenciada para irrigação de plantas não comestíveis e comestíveis, necessitando essas de um nível maior de qualidade. Efluentes adequadamente tratados podem ser utilizados para aplicação em:

- Culturas de alimentos não processados comercialmente: irrigação superficial de qualquer cultura alimentícia, incluindo aquelas consumidas cruas;
- Culturas de alimentos processados comercialmente: irrigação superficial de pomares e vinhas;
- Culturas não alimentícias: irrigação de pastos, forragens, fibras e grãos.

Segundo Rocha *et al.* (2010), o objetivo principal da prática de reuso não potável para fins agrícolas é a irrigação de plantas alimentícias (a exemplo de árvores frutíferas e cereais) e plantas não alimentícias (a exemplo de pastagens e forrageiras).

2.4 Normas e Legislações

No Brasil, poucas legislações levam em consideração a regularização do reúso da água. Além disso, não existe normas e padrões específicos para regulamentar e direcionar o reúso de águas residuárias e isto se deve à falta de tradição quanto à aplicação desta prática. A legislação apenas estabelece limites máximos de impureza para cada destino específico da água.

A Resolução Conama N° 357, de 2005 – que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições padrões de lançamento de efluentes trata de classificar as águas em quatro classes e estipula parâmetros de qualidade de acordo com estas classes, porém, não contemplou o reúso.

Conhecida como Lei das Águas, a Lei Nº 9.433, apresenta fundamentação legal para a racionalização do uso da água e requisitos jurídicos para o reúso de água, como alternativa viável na preservação e conservação ambiental. A Lei tem como um de seus objetivos “a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável”.

Conforme analisa Paschoalato *et al.,* (2010) tal legislação, ao instituir os fundamentos da gestão dos recursos hídricos, abriu uma brecha para a prática do reúso, como uma forma de utilização racional da água e preservação ambiental, que associado à aplicação de tecnologia específica, diminuiriam o problema da escassez da água devido ao padrão de consumo irracional. No Brasil, a cobrança pelo uso da água é pouco difundida e paulatinamente implantada. Porém, sabe-se que, em todo o mundo, o preço cobrado pela água tratada potável é bastante alto.

Para que o reúso seja praticado de forma segura é imprescindível que especificações legais para a qualidade da água sejam determinadas por órgãos públicos, sejam eles de caráter internacional, nacional, regional ou local, conforme recomenda Escalera (1995). O autor ainda lembra que os padrões especificados podem variar de acordo com as diferenças de cada localidade, mesmo dentro de um mesmo país.

Mesmo ainda não tendo critérios estabelecidos, nem legislações específicas para o reúso, pode-se dizer que, no Brasil, já existem ações que podem servir como base para a formulação de um aparato legal sobre o tema. As leis existentes sobre lançamento de esgotos e qualidade da água potável, bem como a divisão da água em classes podem balizar e fornecer subsídios para a elaboração de critérios, padrões e códigos de prática, adaptados às características nacionais.

A ABNT NBR 13.969/1997 classifica a água de reúso em classes, estabelecendo padrões de qualidades para cada destinação, estas classificações estão apresentadas na Tabela 5. Assim como na Tabela 6 estão os valores de parâmetros qualitativos conforme o uso.

Tabela 5: Classificação dos parâmetros de qualidade da água segundo os reúsos previstos.

Classes – Uso Previsto	**Parâmetros**	**Observações**
Classe 1 – Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a	- Turbidez - < 5 UNT;	Nessa classe, serão geralmente necessários tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por

água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes.	- Coliforme fecal – inferior a 200 NMP/100ml; - Sólidos dissolvidos totais < 200 mg/L - PH entre 6.0 e 8.0; - Cloro residual entre 0,5 mg/l e 1,5 mg/L.	filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante.
Classe 2 – Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.	- Turbidez - < 5 UNT; - Coliforme fecal – < 500 NMP/100ml; - Cloro residual superior a 0,5 mg/L.	Nessa classe é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfeção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes.
Classe 3 – Reúso nas descargas das bacias sanitárias	- Turbidez - < 10 UNT; - Coliforme fecal – < 500 NMP/100ml.	Normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfeção satisfaz a este padrão.
Classe 4 – Reúso nos pomares cereais, forragens, pastos para gado e outros cultivos através de escoamento superficial ou sistema de irrigação pontual.	- Coliforme fecal – < 5000 NMP/100ml; - Oxigênio Dissolvido superior a 2,0 mg/L.	As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Fonte: Adaptado ABNT – NBR 13.969/97.

Tabela 6: Valores de parâmetros estabelecidos pela NBR 13969/97 para as quatros classes de atividades não-potáveis.

Parâmetros	**Classe 1**	**Classe 2**	**Classe 3**	**Classe 4**
Turbidez (uT)	< 5	< 5	< 10	-
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	< 200	< 500	< 500	<5000
Sólidos Dissolvidos (mg.L-1)	< 200	-	-	-
Ph	Entre 6 e 8	-	-	-
Cloro Livre (mg.L-1)	Entre 0,5 e 1,5	>0,5	-	-
OD (mg.L-1)	-	-	-	> 2,0

Fonte: Adaptado ABNT – NBR 13.969/97.

É importante ressaltar que ao se implementar um determinado tipo de reúso, se faz necessário agregar uma política de sensibilização e de esclarecimentos dos futuros beneficiários, tendo em vista os riscos envolvidos e garantir a aceitação do sistema como um todo (BREGA FILHO e MANCUSO, 2002). Mesmo para usos não-potáveis a qualidade sanitária precisa ser garantida por meio de tratamento adequado.

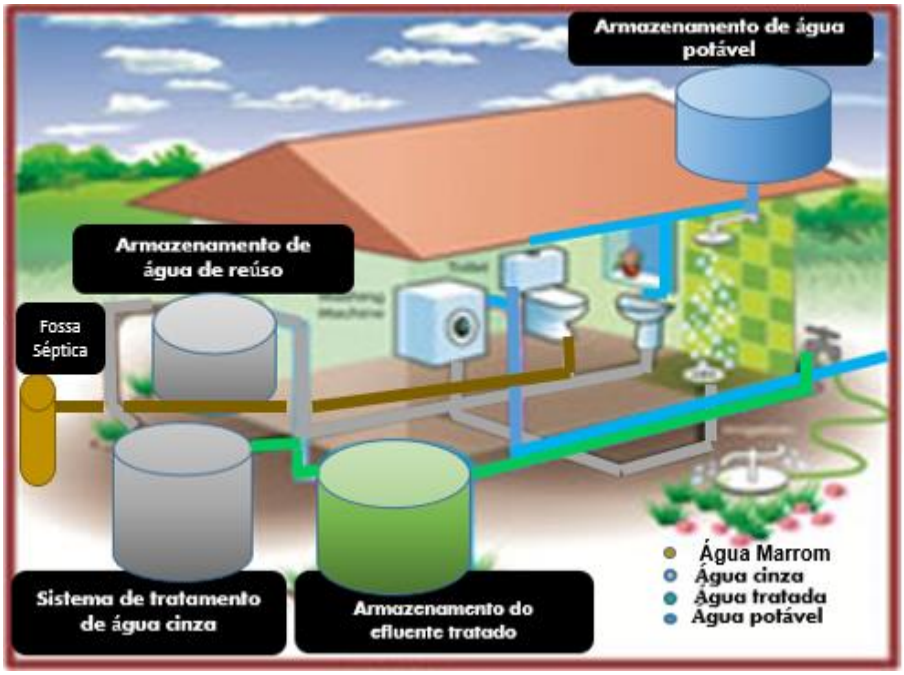
Neste trabalho de acordo com o uso previsto, o efluente insere-se na classe 2, que diz que o reuso caberá nas situações de lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção de canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.

2.5 Componentes de um Sistema de Águas Cinzas

Segundo Simone May (2009), um sistema de águas cinzas devem conter alguns elementos, sendo eles:

- Coletores: É o conjunto de canalizações verticais e horizontais usados no transporte do efluente vindo dos aparelhos sanitários (pia de banheiro, pia de cozinha, chuveiro e tanque de lavar roupas) até o local de armazenamento.
- Armazenamento: Local onde se fará o uso de reservatório que conterá os efluentes para posterior tratamento.
- Tratamento: Para a escolha do tratamento deve-se diagnosticar os constituintes dos efluentes, e definir o seu reuso, pois para cada uso dos efluentes tratados há um grau de tratamento exigido.
- Armazenamento do efluente tratado: Após o efluente passar pelo processo de tratamento o mesmo deve ser encaminhado para um reservatório onde já pode ser utilizado para o fim desejado.
- Sinalização de tubulação de água de reuso: deve ter uma diferenciação por cores entre a água de reuso e a água potável afim de não ocorrer possíveis erros ao utilizá-las.

Figura 3: Esquema do sistema de águas cinzas.



Fonte: Autoras, 2019.

2.5.1 Manutenção do Sistema

Para se ter uma correta manutenção do sistema o usuário deve conhecer o funcionamento do tratamento e fazer análise do efluente tratado afim de constatar se o tratamento continua eficaz ou se precisa de reparos como, por exemplo, lavagem do meio filtrante.

Segundo a NBR 7229/1993, nos procedimentos de limpeza dos tanques sépticos deve-se remover o lodo a intervalos equivalentes ao período de limpeza do projeto. Porém, aproximadamente, 10% do volume do lodo devem ser deixados no interior do tanque.

A realização da limpeza do filtro ocorrerá conforme o período para o qual foi dimensionado, sendo de modo descendente, retirando a água de lavagem com um tubo de limpeza.

A limpeza do Clorador Simplificado deve ser realizada manualmente por uma torneira localizada na parte inferior do mesmo. Ressaltando que quando estiver sendo inserido o agente desinfetante, o sistema de bombeamento deverá estar desligado para que não ocorra o transbordamento do sistema de distribuição.

2.6 Técnicas de Tratamento

Segundo Almeida, para se definir o tipo de tratamento de um efluente para fins de irrigação e preciso que não somente se conheça as condições químicas no momento em que e analisada a água, como também as características físico-químicas dos solos em que vão ser aplicadas, assim como susceptibilidade resistência/tolerância aos níveis de salinidade e toxidade dos cultivos que vão ser irrigados.

Em comunidades na zona rural, onde não se há um sistema de esgoto adequado, a reutilização da água cinza sem qualquer tratamento é uma prática comum, como por exemplo na irrigação de plantas no quintal, sem sequer realizar um pré-tratamento, despejando a água em um mesmo local onde há criação de animais, colocando em risco a saúde da família. Quando os esgotos são lançados sem tratamento no meio ambiente, poluem e degradam os mananciais onde muitos dos corpos receptores são fontes de abastecimento público. Em vista disso, o tratamento e a disposição adequados desses efluentes no meio ambiente é extremamente importante para a preservação dos mananciais e da qualidade das águas. O nível de tratamento e o seu tipo irá depender da forma como a água cinza está disposta e da sua qualidade, bem como a sua utilização. Por isso é necessário a caracterização da água cinza gerada, para que se possa escolher a forma de tratamento mais adequada.

Para uma escolha mais adequada quanto a forma de tratamento das águas cinzas e preciso identificar os tipos de poluentes presentes nos efluentes sanitários. São eles:

Tabela 7: Fontes de águas cinzas e poluentes presentes nos efluentes.

Fonte de águas cinzas	**Possíveis conteúdos**
Máquinas de lavar roupas	Sólidos suspensos (sujeira e fibras de algodão), matéria orgânica, óleos e graxas, sódio, nitratos e fosfatos (detergentes), sais dissolvidos e pH alterado, alvejantes;
Máquinas de lavar louça	Matéria orgânica e sólidos suspensos (partículas de comida), bactérias, sais dissolvidos e pH alterado, óleos e graxas, detergentes, água quente;
Lavatórios e chuveiros	Bactérias, cabelos, matéria orgânica e sólidos suspensos (pele, células), óleos e graxas, resíduos de sabão e detergente, água quente;

Pias, inclusive de cozinhas	Bactérias, matéria orgânicas e sólidos suspensos (partículas de comida), óleos e graxas, resíduos de sabão e detergente.

Fonte: Adaptado de Allen *etc al.*, 2010, Apud WHO-ROEM, 2006

As tecnologias disponíveis para tratamento de águas cinzas são classificadas em três tipos: físicos, químicos e biológicos. A seguir é mostrada a definição de cada processo separadamente:

a) PROCESSOS FÍSICOS

São processos de tratamento em que se aplicam fenômenos de natureza física, tais como: gradeamento, peneiramento, sedimentação, floculação, decantação, filtração, osmose reversa, resfriamento, etc.

b) PROCESSOS QUÍMICOS

São processos de tratamento em que são conseguidos através de aplicação de produtos químicos ou de reações e interações químicas, tais como: coagulação, correção de pH (neutralização), equalização (homogeneização), precipitação, oxidação, redução, adsorção, troca iônica, eletrodiálise, desinfecção, etc.

c) PROCESSOS BIOLÓGICOS

São processos de tratamento de águas residuárias em que são conseguidos através de atividades biológicas ou bioquímicas. Os processos biológicos podem ser aeróbio ou anaeróbios, tais como: lodos ativados, lagoas de estabilização, lagoas aeradas, filtros biológicos, biodiscos, reatores anaeróbios, etc (NUNES, 2010).

Com base nos possíveis contaminantes da Tabela 08 e sabendo que o reúso será aplicado para fins de irrigação, segue alguns modelos de técnicas de tratamento simples como infiltração no solo, filtro de cascalho, wetlands construídos e lagoas que podem resultar em redução de níveis de patógenos de acordo com as metas baseadas de saúde. Métodos mais complexos tais como lodo ativado, filtro biológico rotativo ou filtração por membranas também podem ser utilizados (WERNER et al. 2004 *apud* WHO, 2006b, p.93)

i) Lagoas de estabilização

Constituído por várias lagoas em série, projetadas para minimizar curtos-circuitos hidráulicos, as lagoas de estabilização são mais comumente utilizadas para esgotos domésticos em geral, podendo ser utilizada para tratamento de água cinza. Estas possuem uma remoção considerável de patógenos (vírus, bactérias, protozoários e helmintos), contudo necessitam de grande área para instalação.

ii) Wetland construído

São tanques rasos artificiais vegetados com macrófitas (plantas aquáticas). Um wetland construído de fluxo subsuperficial é um tanque preenchido com meio poroso, este pode ser areia, cascalho, agregados leves ou outros adequados para suportar as macrófitas e ter uma condutividade hidráulica suficiente para transportar água horizontalmente através da zona de raízes. Solos siltosos ou argilosos não são adequados devido suas baixas condutividades hidráulicas e consequentemente, alto risco de emersão do fluxo causar curto-circuito do sistema, comprometendo o desempenho do sistema. (WHO, 2006b, p. 97). Wetlands construídos com fluxo subsuperficial são adequados para tratamento de água cinza. Wetlands construídos podem produzir um efluente com $<10^3$ coliformes termotolerantes por 100ml.

iii) Filtros de areia/wetlands construídos de fluxo vertical

Wetland de fluxo vertical é um filtro de areia com plantas e é adequado para o tratamento de água cinza. O tratamento é igual a zona não saturada no sistema de infiltração no solo. O desempenho depende da carga hidráulica, da textura da areia e da química superficial dos grãos. Cargas típicas estão na faixa de 2-10 cm/dia. Em areia de grãos finos a médios, pode ser esperado redução de bactérias indicadoras maior do que 3 unidades logarítmicas, a remoção de DBO é maior que 80% e os sólidos em suspensão do efluente é menor do que 5 mg/L (JENSSEN; SIEGRIST, 1990 *apud* WHO, 2006b, p. 98).

iv) Biofiltro

Alguns sistemas mais simplificados utilizam raízes de plantas para tratamento. O biofiltro de fluxo vertical de passagem única como pré-tratamento de wetlands construídos, usa agregados finos com grãos de 2-10 mm, mas, outros meios (por exemplo, casca de coco) podem agir como suporte para o biofilme com

manutenção do desempenho para remoção de DBO (JENSSEN et al., 2005 apud WHO, 2006b, p. 99). O pré-tratamento em um biofiltro aera a água cinza e reduz a DBO e bactérias, de modo que taxas maiores podem ser obtidas para o sistema subsequente wetland ou infiltração (HEISTAD *et al.,* 2001 *apud* WHO, 2006b, p. 99).

v) Filtração em membrana

Segundo a Who (2006b, p. 99) os processos por membranas contam com a utilização de uma membrana semipermeável e diferencial osmótico ou menor pressão para forçar a passagem da água através da membrana como o permeado, sendo os sólidos dissolvidos ou outros constituintes capturados como material retido. Geralmente, as membranas são feitas de polímeros orgânicos, mas novos tipos de polímeros inorgânicos tanto quanto membranas cerâmicas e metálicas estão em desenvolvimento. Estas podem apresentar problemas quanto a operação e manutenção com o entupimento, bloqueando o fluxo do fluido através da membrana. Osmose reversa é particularmente suscetível a entupimentos e, portanto, requerem pré-tratamento.

vi) Lodo ativado

Sistemas de lodos ativados não têm sido extensivamente utilizados para tratamento de água cinza. Geralmente necessitam de um tratamento adicional para alcançar remoção de indicadores fecais maiores do que 3 unidades logarítmicas. (WHO, 2006b, p. 99).

vii) Filtros biológicos rotativos

Na Alemanha, um sistema foi desenvolvido usando filtros biológicos rotativos. O sistema é compacto e pode ser localizado, por exemplo, no porão de uma edificação. Para alcançar uma redução de indicador fecal acima de 3 unidades logarítmicas, o sistema é equipado com desinfecção por ultravioleta (WHO, 2006b, p. 99). Um tipo de filtro biológico rotativo é o reator biológico de contato (RBC). Segundo Mendonça (2004, p. 43) o sistema de tratamento RBC consiste em um conjunto contendo rotores compostos por discos fabricados em plástico rígido com pequena espessura que trabalham parcialmente submersos (cerca de 40%), geralmente conformados para resultar na maior superfície específica possível. Ao

utilizar esse tipo de tratamento, May (2004, p. 121) encontrou diversas vantagens, como: apresenta-se como um sistema compacto, não libera odores desagradáveis, emite pouco ruído, apresenta baixo consumo de energia.

viii) Jardins de água cinza e leitos de cobertura morta (mulch beds)

Bacias de lavagem de pratos, tanques de drenagem de cobertura morta e aplicações simples de uso direto de água cinza não necessitam pré-tratamento. O leito de cobertura morta pode ser construído ao lado de árvores ou arbustos e o leito escavado e preenchido com cascalho, casca ou lascas de madeira. O projeto e aplicação assegura que a água seja distribuída uniformemente por toda a área, com base na necessidade da planta (WHO, 2006b, p. 99). Jardim de água cinza é uma tecnologia similar ao leito de cobertura morta, sendo a água cinza tratada em um wetland construído plantado. Ao contrário dos leitos de cobertura morta, que precisam ser substituídos quando o material orgânico é decomposto, os jardins de água cinza são instalações permanentes. O pré-tratamento é recomendado para evitar obstrução e a aplicação subsuperficial minimiza a exposição de trabalhadores nos jardins (WHO, 2006b, p. 99).

ix) *Unidade filtrante biológica de baixo custo (bioágua familiar)*

A tecnologia de reuso de água servida a partir do Bioágua Familiar consiste em um processo de filtragem por mecanismos de impedimento físico e biológico dos resíduos presentes na água cinza, sendo a matéria orgânica biodegradada por uma população de microrganismos e minhocas (Eisenia foetida) (SANTIAGO *et al.,* 2012, p. 8). Com a digestão e absorção da matéria orgânica retida na água pelas minhocas, ocorre a retirada de seus principais poluentes (POBLETE, 2010 *apud* SANTIAGO *et al,* 2012, p. 8).

x) Sistema de tratamento biológico de água cinzas a partir de materiais de baixo custo

Um exemplo de tratamento de águas cinza foi aplicado em uma escola da zona rural do município de Cuité/Paraíba com uma turma do 1° ano do ensino médio. Os experimentos foram realizados utilizando-se a estação de tratamento piloto (Figura 4) constitui-se de apenas duas etapas das quatro etapas existentes,

onde a composição de cada filtro pode variar de acordo com a composição de águas cinzas.

Figura 4: Estação de tratamento de águas cinzas.

Fonte: Anais CONEDU, 2016.

1. Sedimentação (filtro de brita + filtro de areia): Etapa na qual ocorre a remoção de sólidos grosseiros através de uma filtração mineral, onde o material de dimensões maiores do que o espaçamento entre os filtros é retido, tem pôr objetivo reter o material sólido grosseiro em suspensão no efluente.

2. Sedimentação (carvão vegetal + fibra de coco + areia grossa + areia fina): Etapa adicional na qual ocorre a remoção de partículas menores é retida através de uma filtração mineral, tem pôr objetivo reter o material sólido mais fino em suspensão no efluente.

3.Tratamento biológico (plantas aquáticas): Nesta etapa, as plantas aquáticas têm a função de absorver metais pesados. Para se obter uma melhor análise e também para assegurar o uso da água para os fins não potáveis foram realizadas análises de turbidez e pH na UFCG - Campus Cuité.

xi) Tratamento de água cinza por meio de tanque séptico e filtro anaeróbio de fluxo ascendente

Outro projeto foi desenvolvido na Associação Comunitária Reciclando para a Vida (ACREVI), localizada no município de Mossoró/RN com o objetivo de reutilizar as águas cinzas para utiliza-la na irrigação.

O tratamento das águas cinzas foi realizado por meio de um sistema de tratamento de baixo custo e fácil operação, instalado no mês de abril de 2016. O

sistema é composto por uma caixa de gordura de alvenaria com 0,40m x 0,40m x 0,40 m, um tanque séptico de duas câmaras com capacidade para 2000 L, um filtro anaeróbio de 1000 L e um reservatório de 1000 L para armazenar a água (Figura5).

Figura 5: Sistema de tratamento de águas cinzas, instalado na Associação Comunitária Reciclando para a Vida (ACREVI).

Fonte: Disponível em: <https://even3.azureedge.net/anais/41907.pdf>. 2016.

O tanque séptico foi dimensionado conforme a NBR 7229/1993. O filtro anaeróbio por sua vez de acordo com a NBR 13969/1997.

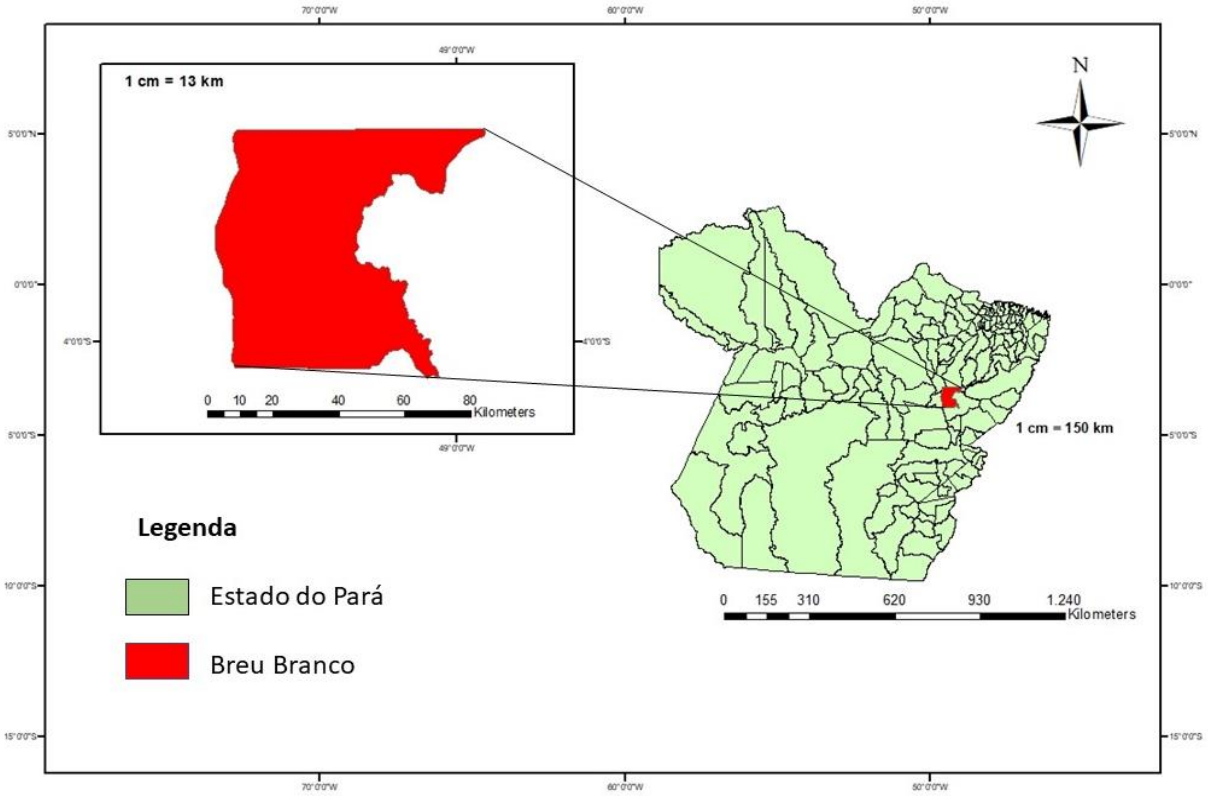
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O município de Breu Branco está situado no Estado do Pará, pertencente à mesorregião do Sudeste Paraense e microrregião de Tucuruí. Localiza-se no norte brasileiro, a uma latitude 04º04'04" sul e longitude 49º38'13" oeste. Possui uma área de 3 941,911 km² de extensão territorial. Sua população em 2010 era de 52.493 habitantes. Deste total, 29.308 são residentes de área urbana e 23.185, de área rural (IBGE, 2010).

A delimitação da pesquisa será em uma residência unifamiliar, de padrão baixo, localizada na zona rural do município de Breu Branco – PA (Figura 6). É habitada por 5 pessoas. O sistema será instalado em uma residência as proximidades da vicinal Três Torres, à 8 Km da sede do município. A residência possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 3° 48' 5.18" Sul, Longitude: 49° 36' 52.71" Oeste. A área irrigada é de aproximadamente 151,4 m². Sua localização é apresentada na Figura 7.

Figura 6: Localização de Breu Branco no Pará



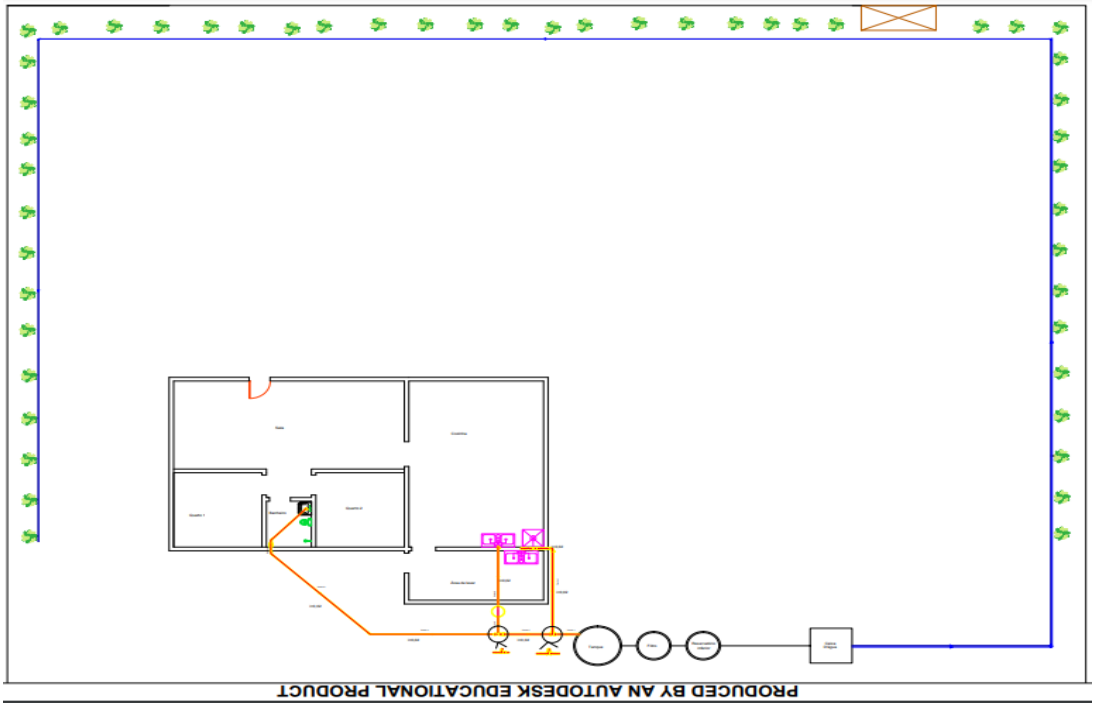
Fonte: Autoras, 2019.

Figura 7: Localização da área de estudo, localizada na zona rural do município de Breu Branco – Pará.

Fonte: Google Earth.

Na Figura 8 é apresentado a planta da residência, com vista da área a ser irrigada. A residência está localizada no início do terreno.

Figura 8: Vista da área irrigada.



Fonte: Autoras, 2019.

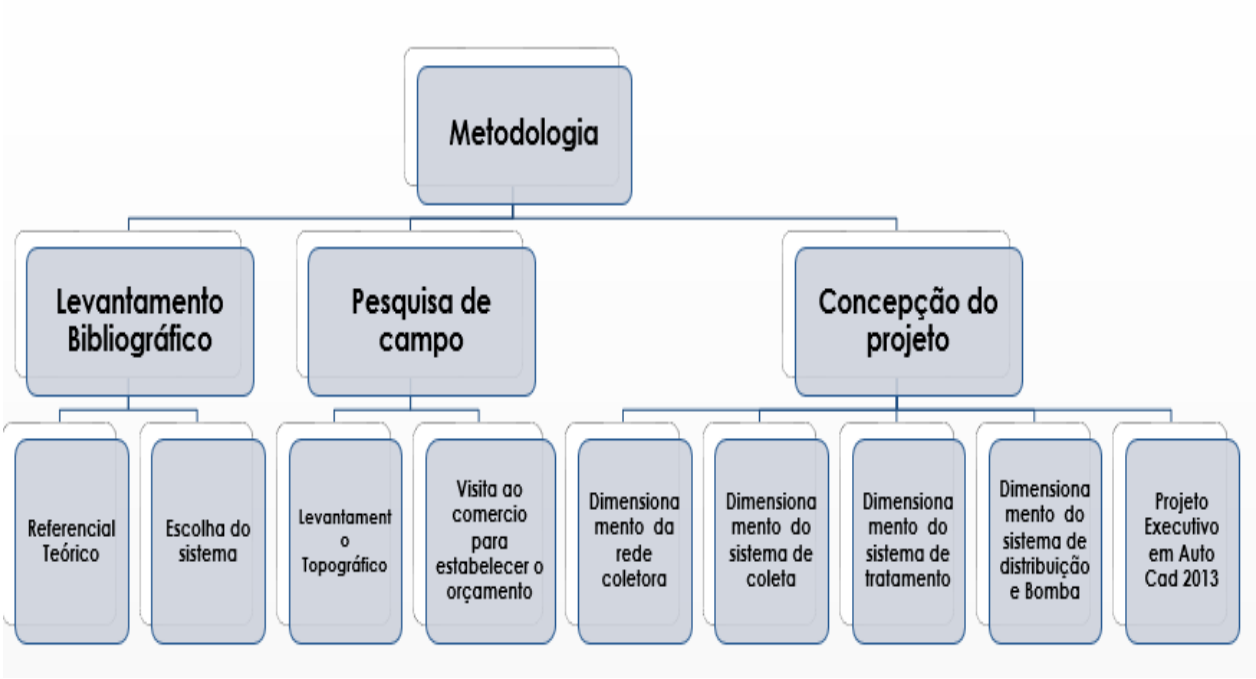
3.2 Etapas dos procedimentos metodológicos aplicados

A metodologia utilizada foi dividida em três etapas. Primeiramente, ocorreu um levantamento bibliográfico com intuito de fazer uma pesquisa sobre os tipos de tratamento de águas cinzas, posteriormente a escolha do sistema.

Em seguida, já na segunda etapa, após uma visita *in loco* na residência rural, foi realizado o levantamento topográfico da área estudada e posteriormente visitas em lojas comerciais em Tucuruí-Pa para estabelecer o orçamento.

Por fim, a terceira etapa foi caracterizada pelo dimensionamento do projeto, dos seguintes sistemas: rede coletora de esgoto, coleta de águas cinzas, tratamento de águas cinzas, distribuição e potência da bomba. Assim finalizando a concepção do projeto com o programa de desenho, AutoCAD versão 2013. Na Figura 9 pode ser observado o fluxograma da metodologia do desenvolvimento deste trabalho.

Figura 9: Fluxograma das etapas da metodologia empregada no desenvolvimento do trabalho



Fonte: Autoras, 2019.

3.3 Caracterização do Sistema

Serão coletadas águas cinza, ou seja, somente dos lavatórios, do chuveiro, tanque de lavar roupas, da máquina de lavar roupa e pia de cozinha. A residência consta de:

- Banheiro: 1 chuveiro, 1 lavatório;
- Cozinha: 1 pia de lavar louças, com 2 cubas;
- Área de serviço: 1 tanquinho de lavar roupas e 1 máquina de lavar roupas.

Além disso, há uma tubulação de segregação entre águas negras e cinzas, sendo este último o efluente utilizado para o estudo. As águas negras são direcionadas para uma fossa séptica já existente no local.

Para que ocorra um tratamento mais eficiente na unidade seguinte, o pré-tratamento é necessário para separar o material em sólido-líquido e diminuir as partículas a jusante, bem como, gorduras. A unidade de pré-tratamento para água cinza proveniente da pia de cozinha será uma caixa de gordura.

Sendo assim, o sistema de tratamento será composto por:

- Uma caixa de gordura de alvenaria em formato cilíndrico que possui 40 cm de diâmetro e 50 cm de altura;
- Um tanque séptico com capacidade para 2000 L;
- Um filtro anaeróbio de 800 litros;
- Um reservatório de armazenamento de água inferior de 1000 L;
- Um reservatório de armazenamento de água superior de 1000 L.

3.4 Escolha do Sistema de Tratamento de Águas Cinzas

O sistema de tratamento de água cinza escolhido foi o que indicou ser de baixo custo, conforme a literatura consultada, sendo assim, é um sistema que pode ser utilizado em diversos tipos de empreendimento e até mesmo em residências rurais.

Como já citado, o sistema será composto por uma caixa de gordura de alvenaria, um tanque séptico, um filtro anaeróbio, um reservatório superior e um reservatório inferior. Sendo um sistema de pequena escala. O sistema seguirá o modelo conforme o experimento implantado no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, com a inclusão do pré-tratamento para os efluentes da pia de cozinha através de uma caixa de gordura e desinfecção ao final de todo o processo. Sendo que o efluente doméstico apresenta uma quantidade significativa de nutrientes,

podendo então ser aproveitado na agricultura como fonte hídrica e de nutrientes menos agressivos ao solo. Proporcionando assim, condições adequadas para ser utilizada em plantas ornamentais na área em estudo.

A água cinza, antes de ficar adequada para reutilização, passará por algumas etapas, sendo que os efluentes oriundos dos aparelhos sanitários (chuveiro, lavabo, tanque e máquina de lavar roupas) serão encaminhados para o tanque séptico, com exceção do efluente oriundo da pia de cozinha que passará antes pela caixa retentora de gordura com o objetivo de reter materiais gordurosos indesejáveis proveniente da limpeza dos pratos, utensílios e preparação de alimentos, impedindo-os de serem encaminhados às tubulações, onde aos poucos, iriam aderir às paredes causando obstrução da mesma. O correto funcionamento dessa etapa facilita o posterior tratamento no tanque séptico.

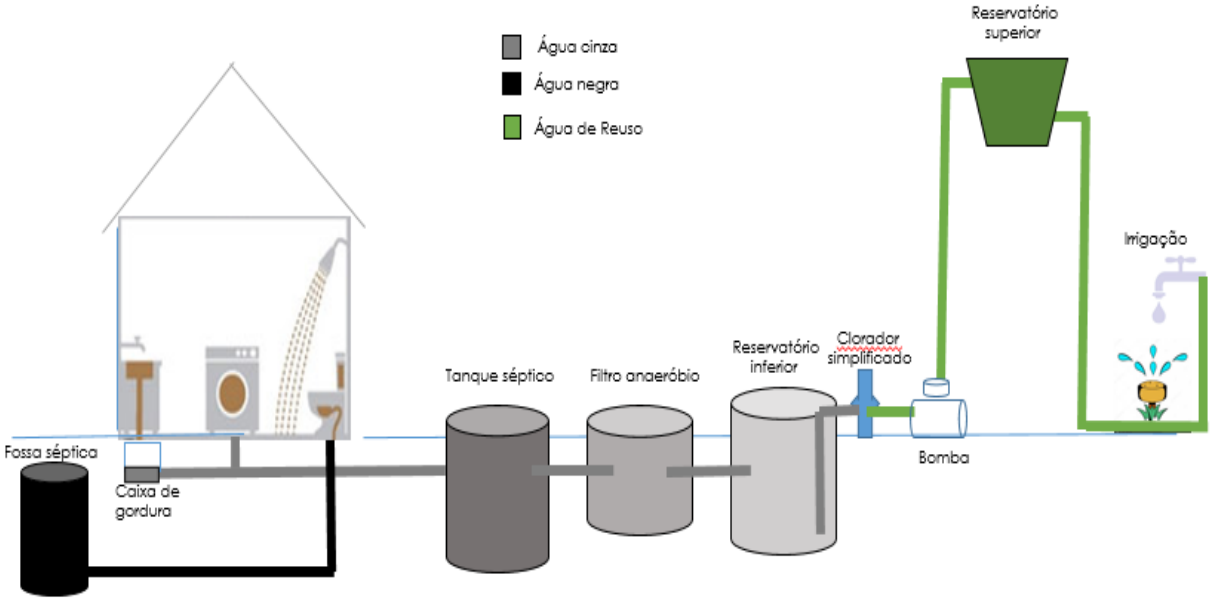
No tanque séptico é onde ocorre a transformação físico-química, na qual no interior do tanque as partículas mais densas tendem a sedimentar formando o lodo (lodo digerido e lodo fresco) e na parte superior se deposita a escuma (massa constituída por graxos, solido em mistura com gases que ocupa a superfície livre do efluente), dessa forma o único material que sai do tanque séptico rumo ao tanque de filtração é a parte liquida do esgoto.

Já no filtro anaeróbio ocorre o tratamento biológico, no qual o efluente ao entrar no filtro ascendente, as bactérias anaeróbias e facultativas se fixam as partículas do meio filtrante (composto por camada dupla, brita nº 4 ou 5 e areia), com as dimensões mais uniformes possíveis, fazendo a digestão de partículas suspensas e coloidais e de microrganismos presentes no efluente que escoa pelo meio poroso do filtro. Não é recomendado a mistura de pedras com diferentes dimensões, a não ser em camadas distintas, para que não ocorra a obstrução precoce do filtro (BRASIL,1997).

O efluente tendo passado pelo filtro chegará a etapa final do tratamento, a desinfecção, que tem a finalidade de reduzir ou inativar microrganismos patogênicos presentes nas águas cinza, incluindo bactérias, protozoários e vírus. Para esse fim será utilizado o hipoclorito de cálcio.

Ao final do processo, o efluente estará apto para ser utilizado para o fim que foi destinado. Será necessário um reservatório superior para que a água seja distribuída por gravidade. Desse modo, será necessário a instalação de uma bomba que irá recalcar o efluente do reservatório inferior para o superior.

Figura 10: Esquema do sistema proposto



Fonte: Autoras, 2019.

3.5 Consumo de Água Potável

A primeira iniciativa a ser tomada, com intuito de verificar a viabilidade de implementação de um sistema de reuso de águas cinza em uma residência unifamiliar de baixo padrão, é avaliar o perfil de consumo de água da população. Conhecendo-se este perfil é possível analisar se a água consumida pelo chuveiro, lavatório do banheiro, do tanque e máquina de lavar roupas e da pia de cozinha, e que serão captadas para reuso, é suficiente para suprir a demanda da área a ser irrigada, como proposto.

O consumo médio de água por pessoa por dia, conhecido por "consumo per capita" de uma comunidade é obtido, dividindo-se o total de seu consumo de água por dia pelo número de pessoas servidas. Esse consumo de água depende de vários fatores, sendo complicada a determinação do gasto mais provável por consumidor. A variação é motivada pelos hábitos de higiene da população, do clima, do tipo de instalação hidráulico-sanitária dos domicílios.

Em seu blog o professor Carlão cita que no Brasil, para zona urbana, costuma-se adotar quotas médias "per capita" diárias de 120 a 200 litros por

pessoa. Notadamente, este per capita depende do tamanho e desenvolvimento da cidade (FERNANDES, 2012). Na zona rural, o consumo "per capita" é influenciado também pelo clima, pelos hábitos de higiene e pela distância da fonte ao local de consumo. Se não há água encanada e a água é transportada por tração animal ou humana este consumo fica bem mais reduzido.

Neste caso, houve uma construção de um reservatório com capacidade para 1000 litros que serve para armazenar e conservar a água de poço, localizada à 100 metros de distância da casa. A água é recalcada através de uma bomba submersa Vibratória para Poço Modelo 900 com potência de 450W; vazão máxima de 2.300 litros/hora, tendo como fabricante a ANAUGER.

3.6 Produção de Água cinza

A estimativa da produção de águas cinzas foi feita a partir de dados presentes na literatura técnica disponível, assim como, o percentual de água cinzas produzidas em cada aparelho sanitário como apresentado na Tabela 2.

3.7 Dimensionamento das Tubulações de Esgoto

Os critérios e parâmetros utilizados para o dimensionamento foram definidos com base nas normas da ANBR 8160/1999 (Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução).

A residência não possuí tubulações sanitárias, para isso foi incluso no projeto o dimensionamento de tubulações para coletar as águas cinzas. O dimensionamento foi elaborado de acordo com o levantamento topográfico, conforme planta fornecida pelo proprietário. Após isso, utilizaremos o critério das Unidades Hunter de Contribuição (UHC) para cada aparelho, afim de se obter os diâmetros, a partir da Tabela 3 da NBR 8160/1999. Conforme demonstrado na Tabela 9.

Em seguida foi feito o traçado das tubulações sanitárias (APÊNDICE F) e dividido por trechos gerando a Tabela 10 com respectivo número máximo de UHC e diâmetro nominal mínimo dos tubos, conforme indicados na tabela 5 da NBR 8160/1999.

No item 4.2.3.2, da NBR 8160/1999, tem se algumas recomendações a respeito de ramais de descarga de esgoto, a NBR recomenda que para que haja

um escoamento por gravidade a declividade deve se apresentar de maneira constante, e para tubulações com diâmetro nominal igual ou inferior a 75mm a declividade mínima seja de 2% e 1% para tubulações com diâmetro nominal igual ou superior a 100mm.

Para melhor detalhamento verificando-se trecho a trecho da rede coletora de águas cinzas, segue a Planilha de cálculo Hidráulico em planilha eletrônica (APÊNDICE H).

3.8 Dimensionamento do sistema de coleta, tratamento e distribuição

Para o dimensionamento foram utilizados como referências as seguintes Normas Brasileiras Regulamentadoras e Livros:

- NBR 13969/1997 (Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação);
- NBR 7229/1993 (Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos);
- NBR 5626/1998 (Instalação predial de água fria);
- NBR 8160/1999 (Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução);
- Rede Coletora de Esgoto Sanitário: Projeto, Construção e Operação (PEREIRA e SOARES, 2010);
- Manual de Hidráulica (AZEVEDO NETO *et al*, 1998).

3.8.1 Dados do Projeto

- Residência de Baixo Padrão (Tabela 1 da NBR 7229/1993), onde (C) = 100L/pessoa x dia;
- Número de moradores (N): 5 pessoas;
- Tempo de detenção: Para encontrar o tempo de detenção deve se saber qual é a contribuição total de esgotos (C), para isso tem-se a Equação 1.

3.8.2 Volume de contribuição de esgoto da residência

$$Ctotal = C \times N$$ **(Equação 1)**

Onde:

C total= Contribuição Total (l);

C= Contribuição de esgoto (l/pessoa);

N= Numero de contribuinte (unidade ou habitante);

3.8.3 Dimensionamento da Caixa de Gordura

A NBR 8160/1999 define que “caixa de gordura e destinada a reter, na sua parte superior, as gorduras, graxas e óleos contidos no esgoto, formando camadas que devem ser removidas periodicamente, evitando que estes componentes escoem livremente pela rede, obstruindo a mesma”.

A caixa de gordura foi dimensionada levando-se em consideração o que a NBR 8160/1999 recomenda para o caso em que a coleta de efluente tem a contribuição de apenas uma cozinha, podendo a caixa de gordura ser do tipo simples.

3.8.4 Dimensionamento do Tanque Séptico Cilíndrico

O dimensionamento do tanque séptico foi realizado conforme a NBR 7229/1993, utilizando a Equação 2 para calcular o volume útil do tanque. E as equações 3 e 4 para calcular os diâmetros para as alturas mínima e máxima.

$$Vu = 1000 + N(C \times T + K \times Lf\ )$$ **(Equação 2)**

Onde:

Vu= Volume Útil (m^3)

1000 = Fator de Segurança (L);

N= Numero de Contribuinte (unidade ou habitante);

C = Contribuição de L hab-1d-1ou L unid -1 (Tabela 1 da NBR 7229/1993);

T= Tempo de detenção (dias);

K=Taxa de acumulação de lodo digerido, adimensional (Tabela 3- NBR 7229/1993);

Lf = Contribuição de lodo fresco, L hab-1 d-1 ou L unid-1 d-1 (Tabela 1 NBR 7229/1993).

$$volume = área \times altura\ minima$$ **(Equação 3)**

$$\therefore volume = \frac{\pi \times D^2}{4} \times altura\ minima$$

Onde:

π = (Pi)= 3,1416 ;

D= Diâmetro (m).

$$volume = área \times altura\ maxima$$ **(Equação 4)**

$$\therefore volume = \frac{\pi \times D^2}{4} \times altura\ maxima$$

Onde:

π = (Pi)= 3,1416 ;

D= Diâmetro (m).

3.8.5 Dimensionamento do Filtro Anaeróbio Cilíndrico

O filtro anaeróbio foi dimensionado baseado a NBR 13969/1997. A Equação 5 foi utilizada para calcular o volume útil do filtro e a Equação 6 para calcular o diâmetro:

$$Vu = 1{,}6 \times N \times C \times T$$ **(Equação 5)**

Onde:

Vu= Volume Util (m^3)

N= Numero de Contribuinte (unidade ou habitante);

C = Contribuição de L hab-1d-1ou L unid -1 (Tabelado);

T= Tempo de detenção (dias)

$$volume = área \times altura$$ **(Equação 6)**

$$\therefore volume = \frac{\pi \times D^2}{4}\ x\ altura$$

Onde:

π = (Pi)= 3,1416 ;

D= Diâmetro (m).

3.8.6 Dimensionamento do Reservatório Inferior de Águas Cinzas

Para se dimensionar o reservatório inferior é necessário que se conheça a vazão que esse reservatório irá comportar. Para isso tem se a Equação 7:

$$Q = C \times N$$ **(Equação 7)**

Onde:

Q= Vazão (l/dia);

C = Contribuição de,L hab-1d-1ou L unid -1 (Tabelado);

N= Numero de Contribuinte (unidade ou habitante)

Tendo-se o volume necessário que o reservatório inferior, adotou-se um diâmetro de 1 metro, deve se encontrar a altura reservatório, conforme a Equação 8.

$$volume = Área \times Altura$$ **(Equação 8)**

$$\therefore Altura = \frac{Volume}{\frac{\pi \times D^2}{4}}$$

Onde:

π = (Pi)= 3,1416 ;
D= Diâmetro (m).

3.8.7 Dimensionamento do Conjunto Motor-Bomba

Deve-se determinar: a vazão a ser recalcada; o diâmetro da tubulação de recalque e de sucção; a altura manométrica; a potência; o rendimento e o NPSH

(Net Positive Suction Head) disponível. Com esses dados e utilizando o catálogo de uma bomba comercial pode-se selecionar a bomba mais adequada.

- **Diâmetro Comercial de Recalque e Sucção**

O dimensionamento da linha de sucção é obtido a partir do diâmetro comercial e por regra sempre é superior ao da linha de recalque. O cálculo do diâmetro comercial foi obtido pela fórmula de FORCHHEIMER (NBR 5626/1998 recomendada para funcionamento intermitente ou não contínuo) como apresentado na Equação 9. Em seguida, devemos submetê-lo ao cálculo da velocidade econômica para comprovação, em que a velocidade econômica (v) fica entre 0,5 e 4,0 metros por segundo (m/s) (Equação10):

$$D = 1{,}33.\sqrt[4]{x}.\sqrt{Q}$$ **(Equação 9)**

Onde:
D é o diâmetro em mm;
x é o número de horas de funcionamento por dia (h/dia);
Q é a vazão em (m^3/s).

$$Velocidade = \frac{Q}{A} \therefore V = \frac{Q}{A(\pi.R^2)}$$ **(Equação 10)**

Onde:
V é a velocidade econômica na tubulação;
Q a vazão em metros em m^3/s;
A é área em (m).

- **Comprimento Virtual**

Para se obter o comprimento virtual total na tubulação de sucção e recalque (Equação 11). Utilizando material PVC rígido, C = 150 (adimensional). Utilizamos a Equação abaixo:

$$Lv = Lr + Le$$ **(Equação 11)**

Onde:
Lv = Comprimento virtual;
Lr = Comprimento real;
Le = Comprimento equivalente.

- **Perda de Carga**

Pela fórmula de HAZEN-WILLIANS (Equação 12), obtém-se a perda de carga linear na tubulação, provocada pelo atrito entre o fluido e a rugosidade das tubulações.

$$Hf = \frac{10{,}646 . Q^{1{,}852} . L}{C^{1{,}852} . D^{4{,}87}}$$ **(Equação 12)**

Onde:
Hf = Perda de carga em m;
Q = Vazão em m³/s;
L = Comprimento virtual em m;
C = Coeficiente da fórmula de Hazen–Williams;
D = Diâmetro em m.

- **Altura Manométrica**

Altura manométrica corresponde ao desnível geométrico, verificado entre os níveis da água na tomada e na chegada, crescido de todas as perdas de carga por atrito que ocorrem nas peças especiais e tubulações. Utilizando a Equação abaixo:

$$\mathrm{Hm} = \mathrm{Hgr} + \mathrm{Hgs} + \mathrm{Hfr} + \mathrm{Hfs}$$ **(Equação 13)**

Onde:
Hm = Altura manométrica em m;
Hgr = Altura do recalque em m (desnível topográfico do eixo da bomba ao reservatório superior);
Hgs = Altura da sucção em m (desnível topográfico do nível de água do reservatório da captação ao eixo da bomba);
Hfr = Perda de carga do recalque em m;
Hfs = Perda de carga da sucção em m.

- **Pot~eência Teórica da BombaOMBA**

A potência do motor foi calculada utilizando-se a Equação 14.

$$\frac{P = \gamma . Q . Hm}{75}$$ **(Equação 14)**

Onde:

P = Potência instalada no motor-bomba (em Cv);

γ = Peso específico da água em Kgf/m³;

Q = Vazão em m³/s;

Hm = Altura manométrica m.

O motor que aciona a bomba deverá trabalhar sempre com uma folga ou margem de segurança a qual evitará que o mesmo venha, por uma razão qualquer, operar com sobrecarga. Portanto, recomenda-se que a potência necessária ao funcionamento da bomba seja acrescida de uma folga, conforme especificação a seguir (para motores elétricos). Até 02 cv - 50%; de 02 a 05 cv – 30%, de 05 a 10 cv – 20%, de 10 a 20 cv – 15% e acima de 20 cv – 10%.

- **NPSH**

A sigla NPSH, do inglês Net Positive Succion Head, é adotada universalmente para designar a energia disponível na sucção. Há dois valores a considerar: NPSH requerido, que é uma característica da bomba fornecida pelo fabricante, e o NPSH disponível, que é uma característica das instalações de sucção. Este último pode ser calculado pela seguinte Equação:

$$\boldsymbol{NPSHdispon\acute{\imath}vel} = \frac{\boldsymbol{Pa}}{\boldsymbol{\gamma}} - \frac{\boldsymbol{Pv}}{\boldsymbol{\gamma}} - \mathbf{Hs} - \Delta\mathbf{hs} \qquad \textbf{(Equação 15)}$$

Onde:

$Pa\ /\gamma$ = Pressão atmosférica local em m.c.a.= usou – se atitude a nível do mar =10,33 m.c.a. ;

1.200m de altitude = 8,88 m.c.a.;

$Pv\ /\gamma$ = Pressão de vapor do líquido em m.c.a. = Para temperatura de 21,3 °C , usou-se a média entre 20° e 25° que é igual a C= 0,028 m;

Hs = Altura estática de sucção = 2,12m;. = NPSHrequerido + Folga = 2m +1,5m = 3,5m;

ΔHs = Somatória de todas as perdas de cargas até a entrada da bomba= 2,16m.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estimativa do Consumo de Água Potável

O consumo foi estimado segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2014), com volume diário médio de consumo de 162,0 L/pessoa multiplicando pelo número de pessoas total a serem atendidas, conforme Equação 16:

$$Consumo\ diário\ = \mathrm{N \times C} \qquad \textbf{(Equação 16)}$$

Onde:

N= Número de moradores total

C = Consumo de água por pessoa por dias (em litros)

Portanto:

$$Consumo\ diário = 5\ pessoas\ x\ 162{,}0\ L/dia\ =\ 810L\ \ água/dia$$

Considerando que o volume diário médio de consumo de água por pessoa no Brasil é de 162,0 L/pessoa, o valor estimado para uma residência com 5 pessoas foi de 810 L.

4.2 Estimativa da Produção de Água Cinza

A Tabela 8 apresenta o consumo per capita médio em L/dia, o consumo diário e o consumo mensal em litros para uma residência com 5 pessoas, por diversos aparelhos originadores de águas cinzas. Os resultados foram obtidos das planilhas de monitoramento segundo Barreto (1999) e adaptados para este trabalho.

Tabela 8: Consumo de água por ponto de utilização.

Ponto de utilização	**Consumo per capita (L/dia/hab.)**	**Consumo diário de 5 pessoas (L)**	**Consumo mensal de 5 pessoas (L)**
Chuveiro	35,3	176,5	5.295
Lavatório	10,8	54	1.620
Pia de cozinha	30,3	151,5	4.545
Tanque de Lavar roupas	13,6	68	2.040
Máquina de Lavar roupas	27,7	138,5	4.155
Total	117,7	588,5	17.655

Fonte: Adaptado de Barreto, D. (1999)

Ao observar os dados coletados, é possível perceber uma notável diferença entre os valores, causando diversidades nos perfis de consumo. Esta divergência deve-se ao fato de os estudos terem sido realizados em locais e épocas distintas, com diferenças culturais, sociais e econômicas. Além disso, são dados que podem variar de acordo com diversos fatores, como, por exemplo, frequência de uso dos aparelhos, quantidade de moradores da residência e hábitos de higiene.

A água produzida pela pia de cozinha será direcionada a uma caixa de gordura de alvenaria, e em seguida a um tanque séptico com capacidade de armazenamento para 2000 L.

4.3 Tubulações de Esgoto

Cada aparelho possui um peso e em função do peso ou da somatória de pesos determinamos os diâmetros mínimos de cada um deles (Tabela 9):

Tabela 9: UHC e diâmetros dos aparelhos

Aparelhos Sanitárias da Residência	**Unidades de Hunter de contribuição – UHC**	**Diâmetro Nominal Mínimo do Ramal de Descarga (mm)**
Lavatório	1	40
Chuveiro	2	40
Pia de Cozinha (2 cubas)	3 x 2= 6	50
Tanque de Lavar Roupas (2 cubas)	3 x 2= 6	40
Máquina de Lavar Roupas	3	50

Fonte: Adaptado da Tabela 3 da NBR 8160/1999.

Para os ramais de descarga de esgoto, conforme cada trecho (Tabela 10):

Tabela 10: UHC e diâmetros dos trechos

Trechos	**Número máximo de unidades de Hunter de contribuição – UHC**	**Diâmetro dos Trechos**
A	1 + 2 = 3	40 mm
B	b = a = 3	40 mm
C	c = b = 3	40 mm
D	6	50 mm
E	c = d = 6	50 mm
F	f = e + c = 6 + 3 =9	75 mm
G	6	50 mm
H	3 + 9 = 3 + 6 = 9	75 mm
I	i = h = 9	75 mm
J	i + f = 9 + 9 = 18	75 mm

Fonte: Adaptado da Tabela 5 da NBR 8160/1999.

De acordo com a Tabela 10, obtemos que o diâmetro máximo dos trechos foi de 75 mm, logo todos os trechos deverão ter declividade mínima de 2%.

Analisando a topografia da área estudada constatou se que a residência está na cota 0,21m em relação ao nível do terreno, que apresenta superfície plana sendo este considerado cota 0. A partir dessas observações foi possível a elaboração uma planilha (APÊNDICE H), vejamos esses dados obtidos, na tabela 11.

Tabela 11: Cálculo hidráulico da rede coletora de esgoto

TRECHO	COMPRIMENTO DO TRECHO	DIAMETRO DO COLETOR (M)	COTAS DO TERRENO (m)		PROFUNDIDADE DO COLETOR (m)		COTAS DO COLETOR (m)		DESNIVEL (m)	DECLIVIDADE
			CTM	CTJ	PCM	PCJ	CCM	CCJ		
A	0.3	0.04	0	0	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.006	0.02
B	4.75	0.04	0	0	0.3	0.4	-0.3	-0.4	0.095	0.02
C	4.3	0.04	0	0	0.4	0.5	-0.4	-0.5	0.086	0.02
D	2.4	0.05	0	0	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.048	0.02
E	0.7	0.05	0	0	0.4	0.4	-0.3	-0.4	0.014	0.02
F	1.85	0.075	0	0	0.5	0.6	-0.5	-0.5	0.037	0.02
G	0.4	0.04	0	0	0.3	0.3	-0.2	-0.2	0.008	0.02
H	0.5	0.075	0	0	0.3	0.3	-0.2	-0.3	0.01	0.02
I	3.5	0.075	0	0	0.3	0.4	-0.3	-0.3	0.07	0.02
J	0.75	0.075	0	0	0.6	0.6	-0.5	-0.5	0.015	0.02

O trecho F recebe contribuição de esgoto do trecho C e E. Esses trechos possuem cotas diferentes, e para satisfazer a declividade desejada de 2% será utilizado um pequeno tubo na vertical a jusante dos trechos C e E para fazer a ligação entre os mesmos; logo o trecho F inicia com a cota à montante de -0,5m. O trecho J também recebe contribuições de dois trechos com cotas diferentes, o qual para a resolver esse problema foi feita a mesma solução que foi aplicado do trecho F, sendo que no trecho J a profundidade do coletor chega a 0,60m tendo um desnível nesse trecho e de um milímetro e meio, desse modo, a jusante do trecho J e de aproximadamente 0,60m (APÊNDICE D). Então o coletor de esgoto sanitário chegará no tanque séptico à uma profundidade de 60cm.

4.4 Sistema de Coleta

Tendo encontrado o valor da contribuição total de esgoto da residência, resultante da Equação 1 que foi de 500 L/dia e de acordo com a Tabela 2 - Período

de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária - NBR 7229/1993 -, obtém-se que o tempo de detenção será de 1 dia:

- Temperatura mais baixa do ano da cidade de Breu Branco = 21,3 C°;
- Taxa de acumulação de lodo (K) = 97 (valor encontrado na Tabela 3 da NBR 7229/1993, baseado na menor temperatura da cidade de Breu Branco);
- Intervalo de limpeza = 2 anos (adotado);
- Contribuição de lodo fresco (LF) = 1 L/pessoa x dia (valor encontrado na Tabela 1 da NBR 7229/1993).

4.4.1 Caixa de Gordura

A caixa retentora de gordura contará com a contribuição de efluente apenas da pia de cozinha e para essa situação a NBR 8160/1999 recomenda a utilização de uma caixa de gordura do tipo simples cilíndrica com as seguintes dimensões mínimas (as quais foram usadas neste projeto atendendo assim o dimensionamento):

- Diâmetro interno: 0,40 m;
- Parte submersa do septo: 0,20 m;
- Capacidade de retenção: 31 L;
- Diâmetro nominal da tubulação de saída: DN 75.

4.5 Sistema de Tratamento Proposto

4.5.1 Tanque Séptico Cilíndrico

O volume útil encontrado foi de 2000L ou 2m³. Para esse volume a NBR 7229/1993 admite uma altura mínima do tanque de 1,20m e altura máxima de 2,20m.

Por faixa de volume útil, conforme a Tabela 4 da NBR 7229/1993 foi encontrando a altura mínima e máxima do tanque (1,20m e 2,20m respectivamente).

Assim, conforme calculado nas Equações 3 e 4, os diâmetros para altura mínima de 1,50 para mínimm e máxima foiram de 1,07 ma. A NBR 7229/93

recomenda que para tanque séptico cilíndrico o diâmetro deve ser igual ou maior que 1,1m, por isso esse motivo o diâmetro adotado foi de 1,1m ou 1100mm.

4.5.2 Filtro Anaeróbio Cilíndrico

O volume útil encontrado foi de 800L ou 0,8m³. O diâmetro calculado foi de 1 metro.

A NBR 13969/1997 recomenda que a altura do leito filtrante, já incluindo a altura do fundo falso deve ser limitada a 1,20m e, por esse motivo, nesse projeto a altura do filtro será de 1,20m.

4.6 Desinfecção

A desinfecção e uma etapa de grande importância e de acordo com a ABNT - NBR 13.969/1997, página 16, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, p,16), “Todos os efluentes que tenham como destino final corpos receptores superficiais ou galerias de águas pluviais, além do reúso, devem sofrer desinfecção”. Por esse motivo irá serserá feita realizada a desinfecção das águas cinzas por cloração, sendo o acabamento final do tratamento.

Para fins de reúso, o hipoclorito de sódio e o hipoclorito de cálcio são os mais adequados, isso por conta do cloro livre (HOCl), que normalmente requer baixa concentração e tempo de contato reduzido para obter um nível equivalente de inativação microbiana quando comparado às cloraminas.

A concentração de cloro residual é normatizada pela (ABNT, 1997), e deve possuir valores acima de 0,5 mg/L. Sendo analisado a partir do tempo de 30 minutos, que é o tempo de contato mínimo exigido pela NBR 13969/1997.

Para o polimento final da água de reúso, foi utilizado como referência o Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades, elaborado pela FUNASA, a qual desenvolveu o clorador simplificado que é uma adaptação do clorador de pastilha, para utilizar solução de hipoclorito de cálcio [Ca (OH)2] como desinfetante. É mais um instrumento que serve para adicionar o cloro na água de modo seguro, sem que haja necessidade de instalação elétrica, nem operação

complexa. É construído de material hidráulico (tubos e conexões), disponíveis comercialmente (APÊNDICE G).

A escolha pela utilização do hipoclorito de cálcio neste trabalho, se deu devido a uma análise de experimento com águas cinzas provenientes de uma propriedade rural localizada no município de Palhoça- SC, realizado em escala laboratorial, no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC em 2013. A quantidade de concentrações de cloro usada foi de 15 mg/L Cl em um sistema de reuso e após 24 horas de tratamento mostrou-se a eficácia do produto, já que não houve recrescimento significativo de E. coli e coliformes totais. E a concentração testada deixou uma quantidade de cloro residual superior a 0,5 mg/L após o tempo de contato de 30 minutos, estando de acordo com a NBR 13969. (SOETHE, 2013).

4.6.1 Clorador Simplificado

O clorador simplificado desenvolvido pela Funasa foi uma adaptação do clorador de pastilha, para utilizar solução de hipoclorito de cálcio [Ca(OH)2] ou hipoclorito de sódio (NaOCl) como desinfetante. É mais um instrumento que serve para adicionar o cloro na água de modo seguro, sem que haja necessidade de instalação elétrica, preocupação constante com o controle da dosagem, nem operação complexa. É construído de material hidráulico (tubos e conexões), disponíveis no mercado.

O funcionamento do clorador simplificado é semelhante ao de um clorador de pastilha. Porém, ao invés de usar pastilhas de cloro, utiliza-se uma solução de hipoclorito de cálcio na concentração desejada. Para abastecer o clorador, prepara-se a solução de hipoclorito de cálcio-em um recipiente com a capacidade de 1L de água e coloca-se no clorador pelo registro superior.

O clorador simplificado antecederá a bomba hidráulica e quando a bomba d’água for ligada, abre-se totalmente o registro inferior e, por arraste, a solução de cloro é conduzida para o reservatório elevado durante o seu enchimento. Deve – se ocorrer uma interrupção ou desligamento do sistema de distribuição para que haja o tempo de contato (30 minutos) da solução.

A torneira colocada lateralmente (APÊNDICE G) servirá para fazer a limpeza do clorador quando necessário e também verificar se todo o produto químico foi conduzido para o reservatório. Fazendo o enchimento do recipiente com água para preparar uma nova solução de hipoclorito de cálcio.

Para a correta dosagem do hipoclorito de cálcio e tempo de funcionamento de acordo com a vazão da bomba dimensionada, levou-se em consideração o valor de 15 mg/L ou 0,015 g/L de hipoclorito de cálcio, para elaborar a Tabela 12:

Tabela 12: Dosagem do hipoclorito de cálcio e tempo de funcionamento da bomba

NIVEL DE ÁGUA R.I.*(cm)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA (min)	VOLUME DISPONIVEL PARA SER RECALCADO (l)	DOSAGEM DE HIPOCLORITO DE CALCIO (g)
118	28.05	925.7	13.9
116	27.6	910.0	13.6
114	27.1	894.3	13.4
112	26.6	878.6	13.2
110	26.1	862.9	12.9
108	25.7	847.2	12.7
106	25.2	831.5	12.5
104	24.7	815.8	12.2
102	24.2	800.1	12.0
100	23.8	784.4	11.8
98	23.3	768.8	11.5
96	22.8	753.1	11.3
94	22.3	737.4	11.1
92	21.9	721.7	10.8
90	21.4	706.0	10.6
88	20.9	690.3	10.4
86	20.4	674.6	10.1
84	20.0	658.9	9.9
82	19.5	643.2	9.6
80	19.0	627.6	9.4
78	18.5	611.9	9.2
76	18.1	596.2	8.9
74	17.6	580.5	8.7
72	17.1	564.8	8.5
70	16.6	549.1	8.2
68	16.2	533.4	8.0
66	15.7	517.7	7.8
64	15.2	502.0	7.5
62	14.7	486.4	7.3

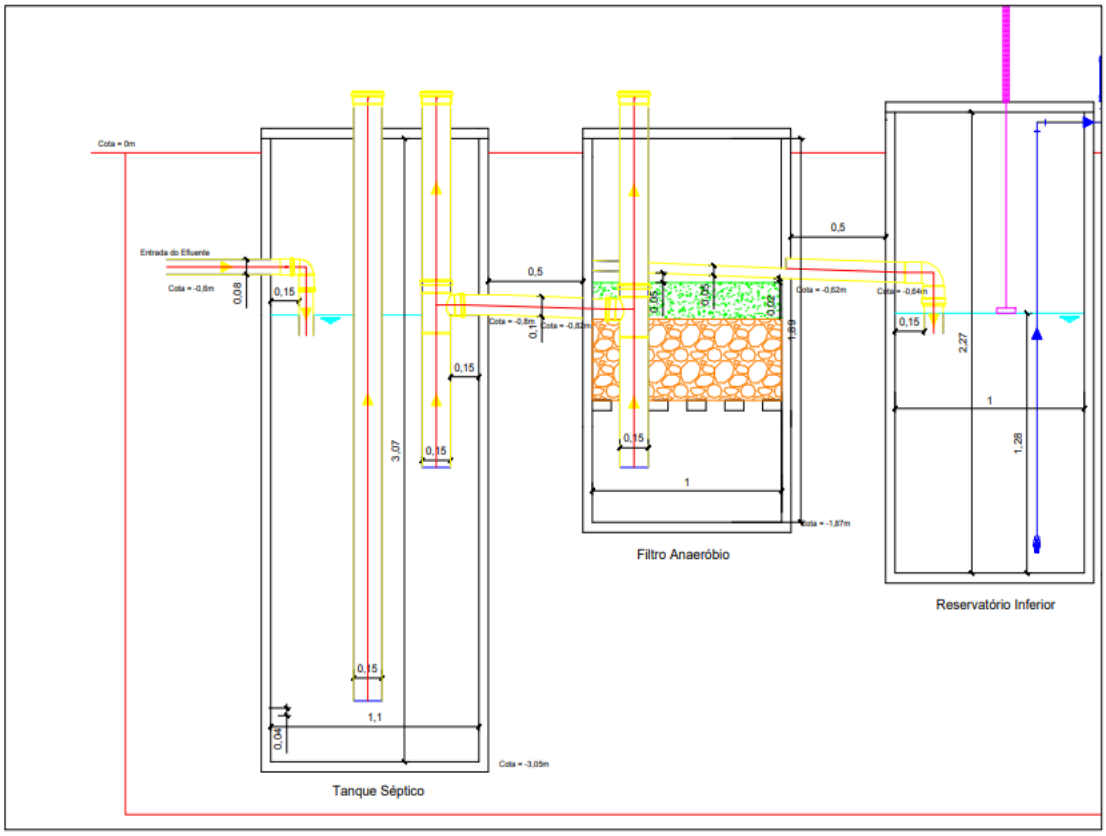
60	14.3	470.7	7.1
58	13.8	455.0	6.8
56	13.3	439.3	6.6
54	12.8	423.6	6.4
52	12.4	407.9	6.1
50	11.9	392.2	5.9
48	11.4	376.5	5.6
46	10.9	360.8	5.4
44	10.5	345.2	5.2
42	10.0	329.5	4.9
40	9.5	313.8	4.7
38	9.0	298.1	4.5
36	8.6	282.4	4.2
34	8.1	266.7	4.0
32	7.6	251.0	3.8
30	7.1	235.3	3.5
28	6.7	219.6	3.3
26	6.2	204.0	3.1
24	5.7	188.3	2.8
22	5.2	172.6	2.6
20	4.8	156.9	2.4
18	4.3	141.2	2.1
16	3.8	125.5	1.9
14	3.3	109.8	1.6
12	2.9	94.1	1.4
10	2.4	78.4	1.2
8	1.9	62.8	0.9
6	1.4	47.1	0.7
4	1.0	31.4	0.5
2	0.5	15.7	0.2

R.I(Reservatório Inferior).* Fonte: Autoras, 2019

Para se ter o nível de água disponível no Reservatório Inferior, será utilizada uma régua milimetrada instalada acima do reservatório na qual tem se um arame no centro da régua e em contato com a parte interna do tanque. O arame estará em contato com a guia do reservatório. Na extremidade inferior do arame, será instalada uma pequena boia que ficará responsável pela respectiva marcação do nível máximo e mínimo da água na régua no interior do reservatório.

Assim, na Figura 10 observa-se, da esquerda para a direita, o detalhamento das unidades de tratamento, identificando: o Tanque Séptico Cilíndrico, o Filtro Anaeróbio Cilíndrico e o Reservatório Inferior, respectivamente.

Figura 11: Detalhamento das unidades de tratamento



Fonte: Autoras, 2019.

4.7 Sistema de Distribuição

4.7.1 Reservatório Inferior de Águas Cinzas

O volume útil do reservatório inferior calculado foi de 471litros, porém será utilizada uma caixa d´água de 1000 litros como forma de segurança, para a eventualidade de haver um pico no consumo de água e consequentemente maior produção de águas cinzas, por isso a inserção de um reservatório com a capacidade bem maior do que o calculado. Visto que, devido o terreno estar na mesma cota do meio fio, não será instalado um extravasor no reservatório inferior, pois a declividade do terreno não seria favorável para a instalação dessa tubulação.

4.7.2 Reservatório Superior de Águas Cinzas Tratada

O sistema de distribuição funcionará por gravidade com o auxílio de um reservatório superior, com objetivo de irrigar as plantas não-ornamentais, através de uma mangueira perfurada fixa ao redor das plantas.

O volume do reservatório superior foi adotado, baseado no volume do reservatório inferior, ambos com a capacidade de 1000 litros. E como forma de segurança possuirá um extravasor, que escoará a água até as plantas não-ornamentais.

4.7.3 Conjunto Motor-Bomba

- **Vazão Recalcada**

O reservatório inferior tem uma capacidade de 1000 L/dia, porém a tubulação de sucção ficará 10 cm à cima, recalcando um volume de 925,7 L de água, para que haja o enchimento do reservatório superior em 28,05 minutos.

- **Diâmetro Comercial de Sucção e Recalque**

O valor do diâmetro do tubo de recalque encontrado foi de 0,01164 ou 11,64mm. Sabendo-se que não existe esse valor disponível no mercado, foi adotado para esta tubulação de recalque o de 20mm. E por regra o diâmetro de sucção é sempre maior que o de recalque, logo, o de sucção será de 25mm.

- **Teste de Velocidade**

Assim, os valores encontrados para submeter a verificação da velocidade econômica da sucção e recalque são, respectivamente, de 1,75 m/s e 3,11 m/s. Demonstrando que estão no intervalo da velocidade econômica que é de 0,5 a 4 m/s.

- **Comprimento Real**

O comprimento da tubulação de sucção é de 2,62m e de recalque 6,8m.

- **Comprimento Equivalente**

A Tabela 13 apresenta uma síntese dos dados e somatória do comprimento equivalente nas conexões.

Tabela 13: Cálculo do comprimento equivalente da tubulação de sucção e recalque

Diâmetro sucção 25mm	Diâmetro recalque 20mm
Le → sucção	**Le → recalque**
01 curva de 90 = 0,5 m	02 curva de 90°= 2 x 0,4m = 0,8m
01 válvula pé com crivo = 9,5 m	03 joelho de 90º = 3 x 1,1m = 3,3m
Σ = 10 m	**Σ= 4,1m**

Fonte: Adaptado: Macintyre, 2017.

- **Comprimento Virtual**

Somando o comprimento real e equivalente obtivemos o comprimento virtual. Para sucção foi de 12,62 m e para o recalque de 10,9 m.

- **Perda de Carga**

A perda de carga na sucção, segundo a Equação de Hazen Willians, foi de 2,16 mca e a perda de carga no recalque foi de 7,59 mca. Onde o coeficiente (C) utilizado foi de 150 (adimensional).

- **Altura Manométrica**

A altura manométrica total calculada foi de 15,916 metros.

- **Pot~eência Teórica da Bomba**

A potência calculada foi de 0,11 CV. Porém conforme especificação, para motores elétricos com potência até 2 CV é acrescido uma folga de 50%, pois há perda de potência no interior da bomba resultando um valor de 0,165, logo a potência da bomba selecionada será de ½ HP ou 0,506 CV.

- **NPSH Disponível**

O NPSH Disponível calculado foi de 6,022m.

- **NPSH Requerido**

Até o momento a fabricante Intech Machine, não respondeu e-mail para informar o valor do NPSH Requerido da bomba.

- **Cavitação**

A condição para determinar se há cavitação ou não é de que: NPSH Disponível > NPSH Requerido.

- **Escolha da Bomba**

Basicamente a seleção da bomba para essa situação foi o volume a ser recalcada do reservatório inferior de 1000 L, que é de 925,7 L, no qual o modelo de conjunto motor-bomba encontrada no comercio local que mais se aproxima desse valor possui uma vazão 1980 Litros/Hora e levou se em consideração a altura manométrica da instalação (Hm) calculada que foi de 15,916 metros. Ressaltando que só irá ter a necessidade de recalcar o volume de 925,7 L em uma ocasião excepcional em que ocorrer uma grande produção de águas cinzas, pois em condições normais de funcionamento o reservatório contará com um volume útil de 471 L/dia. A seguir o conjunto motor-bomba (Figura 11) com seus referidos dados técnicos (Tabela 14).

Figura 12: Bomba d'água Intech Machine Periférica BP 500 – 1/2 HP – 0,506 CV

Fonte: Autoras, 2019.

Tabela 14: Dados técnicos da Bomba d'água Intech Machine Periférica BP 500

Modelo	BP500
Voltagem	127V ou 220V~60Hz
Potência do Motor	1/2 HP - 0,37 KW
Velocidade	n0=3450/Minuto
Altura Manométrica Máxima	26 Metros
Sucção Máxima	8 Metros
Vazão Máxima	33 Litros/Minutos ou 1.980 Litros/Hora
Temperatura da Água	40º C
Peso Aproximado	4.8 Kg

Fonte: Manual da Bomba d'água Intech Machine Periférica BP 500.

4.8 Avaliação dos Custos

Para realização do levantamento dos custos de implantação da Planilha de Orçamento (APÊNDICE I), foi utilizado os custos de composições do SINAPI (2019) e comercio local (CINE FOTO VAZ) localizado em Tucuruí-PA.

O investimento financeiro para implantação de um sistema de tratamento de águas cinzas em residências é muito variável, sendo possível apenas fazer uma estimativa do valor, uma vez que o mesmo dependerá diretamente da quantidade de esgoto gerado, número de contribuintes e do tipo de material escolhido. Neste trabalho considerou-se o tempo para execução do sistema de sete dias e o custo total, incluindo material e mão de obra, em R$ 5.990,39.

No custo da obra, não está incluso o BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) por se tratar de uma residência unifamiliar ou de pequeno porte.

5. CONCLUSÃO

Após apresentado os requisitos do projeto através do dimensionamento e para que se tenha como base a definição dos materiais a serem utilizados, a implantação do sistema mostra-se viável, pois não necessita de grande investimento, além da facilidade de manutenção do sistema, por possuir um processo de desinfecção prático e de fácil controle. Além disso, possibilita a geração de água para reuso na irrigação, reduzindo assim os impactos causados pela falta de saneamento na zona rural.

Para se estimar o volume de águas cinzas geradas em uma residência, necessita diretamente de dados da produção per capta de esgoto conforme o tipo da residência e número de contribuintes. E para que o tratamento ocorra de maneira eficiente, será imprescindível contar com o sistema completo de tratamento composto pelo tratamento físico, químico e biológico, nas unidades: tanque séptico, filtro anaeróbio e clorador respectivamente.

De base com os requisitos do sistema de tratamento foi dimensionado o projeto executivo das unidades de tratamento para posterior execução.

Em suma o investimento financeiro para implantação de um sistema de tratamento de águas cinzas para uma residência rural é possível apenas fazer uma estimativa do valor, neste trabalho foi considerado o tempo para implantação do sistema de 7 dias e custo total em R$ 5.990,39.

Logo o sistema mostra-se viável, pois não necessita de grande investimento, além da facilidade de manutenção do sistema, por possuir um processo de desinfecção prático e de fácil controle. Além disso, possibilita a geração de água para reuso na irrigação, reduzindo assim os impactos causados pela falta de saneamento na zona rural.

Vale ressaltar que a implantação do sistema se faz necessária, para que seja possível analisar o verdadeiro benefício econômico e ambiental.

Sugere-se que em outros trabalhos acadêmicos, venham a ser realizadas análises laboratoriais dos parâmetros que caracterizam o efluente tratado, com intuito de que a pesquisa possa ser continuada, pois até o momento o projeto não

foi executado. Será sugerido também ao proprietário da residência um relatório informal com os possíveis problemas de manutenção que não foram inclusos neste.

6 REFERÊNCIAS

ALLOS, B.; TAYLOR, D. **Campylobacter Infections.** In: EVANS, A (Ed.). Bacterial Infections of Humans. New York. 1998

Almeida, R.G. Mestrando da Universidade Federal Fluminense - UFF. **Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil na área de Sistema de Gestão, Produção, Qualidade e Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/viewFile/1809-2667.20110012/701>. Acesso em 19 de dezembro de 2018.

ASANO, et. al. **Wastewater reclamation and reuse in Japan: overview and implementation examples.** Water Science & Tecnnology. Vol 34, n. 11, p. 219-226. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Reuso da água - Nós construímos a qualidade de vida.** São Paulo. 1992.p.25

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.969: **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos- projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro, 1997. Disponível em:<http://acquasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf>. Acesso em: 12 de Dezembro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 72299: **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.** Rio de Janeiro, 1993. Disponível em: <http://acquasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf>. Acesso em: 10 de Junho de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: **Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <http://mz.pro.br/hidraulicapredial/08-NBR_5626_Agua_fria.pdf>. Acesso em: 10 de Junho de 2019.

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

AZEVEDO NETO, M. F. Fernandez, R. Araujo, A. E. Ito. **Manual de Hidráulica.** São Paulo, Edigar Blucher, 1998 8ª ed. 669p.

BARRETO, D. **Caracterização do consumo de água de aparelhos sanitários e economizadores de água.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro:ABES, 1999.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinzas para uso não potável em edificações**. Dissertação de mestrado (Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

BERNARDI, C.C. **Reuso de água para irrigação**. Dissertação (Especialização em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada) - ISEA-FGV/Ecobusiness School, 2003. Disponível em: < http://docplayer.com.br/660947-Reuso-de-agua-para-irrigacao-cristina-costa-bernardi.html> Acesso em: 19 de dezembro de 2018.

BORGES, Luciana Zabroki. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos.** 2003. 103f. Tese (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Agência Nacional de Energia Elétrica. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília, 2001.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997** - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília – DF, janeiro de 1997.

BRASIL. **Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente n°20, de 18 de junho de 1986.** Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Diário Oficial da União, Brasília – DF, março de 1986.

BRASIL. **Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 54, de 28 de novembro de 2005.** Disponível em:<http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/54_2005_criterios_gerais_uso_agua.pdf>. Acesso em: 21 de dezembro de 2018.

BRASIL. **Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357, de 17 de março de 2005** - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília – DF, março de 2005.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reúso de água.** Curso “Reuso de água” da ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. Campinas. Agosto, 2002. 11 p.

COSTA, F. X.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. D. M.; AZEVEDO, C. A. V.; SOARES, F. A. & Alva, I. D. M. **Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 13(6), 687-693, 2009.

CROOK, J. et. Al. Water Reuse. Project 92- WRE-1. **Water Environment Research Foundation.** 1994.

ERIKSSON, Eva; AUFFARTH, Karina; HENZE, Mogens; LEDIN, Anna. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water.** v.4, 2002.

FERNANDES, Isaura Raquel Dantas et al.. **Tratamento de Água Cinza por meio de Tanque Séptico e Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente**. In: Anais do I Simpósio de Manejo de Solo e Água, II Workshop de Manejo de Água de Qualidade Inferior na Agricultura & I Encontro do Projeto Casadinho/PROCAD/CNPq – UFERSA/ESALQ/UFV. Anais...Mossoró (RN) UFERSA, 2017. Disponível em: <https//www.even3.com.br/anais/soloeagua2016/41907-TRATAMENTO-DE-AGUA-CINZA-POR-MEIO-DE-TANQUE-SEPTICO-E-FILTRO-ANAEROBIO-DE-FLUXO-ASCENDENTE>. Acesso em: 21 de dezembro de 2018.

FUNASA. **Manual de Cloração e Água em Pequenas Comunidades.** Brasília, 2014. Disponível em:< http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf>. Acesso em: 10 de Junho de 2019.

GILBOA, Y., FRIEDLER, E. **UV disinfection of RBC-treated light greywater effluent: Kinetics, survival and regrowth of selected microorganisms.** Water Research, 42. pp. 1043 1050. 2008.

GONÇALVES, Ricardo Franci et al. **Uso racional da água em edificações.** Rio de Janeiro: ABES, v. 5, p. 352, 2006.

IBNET – International Benchmarking Network for Waterand Sanitation Utilities. **Parâmetros Internacionais para Redes de Operadoras de Saneamento**, 2011.

KUBLER, H.; FORTIN, A.; MOLLETA, L. **Reúso de Água nas Crises Hídricas e Oportunidades no Brasil.** ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2015.

LEAL, U. **Ciclo de água na edificação**. Téchne, v. 9, n. 48, p. 45-6, set/out, 2000.

MAGRI, M. S.; FENELO, F. R.; RABELO, L.; ROSSETO, T. S.; PHILIPPI, L. S. **Reúso de águas cinzas tratadas em vaso sanitário e rega de jardim.** In: XIII SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 13, 2009, Belém. Anais... Belém: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2008, 10 p.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** São Paulo. 2009. Tese Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2009.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não-potável em edificações.** São Paulo. 2004. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2004.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de água**. Barueri, S.P.: Manole, 2003.

MEHNERT, Dolores Ursula. **Reúso de efluente doméstico na agricultura e a contaminação ambiental por vírus entéricos humanos.** Instituto Biológico, São Paulo, v.65, n.1/2, p.19-21, jan./dez., 2003.

MENDONÇA, Pedro de A. Ornelas. **Reuso de água em edifícios públicos o caso da escola politécnica.** 2004. 164f. Tese (Mestrado). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2004.

NOLDE, E. **Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-sotrey buildings – over ten years experience in Berlin.** Urban Water. v. 1, n. 4, p. 275-284, 1999.
NUNES, J.A. **Tratamento Biológico de Águas Residuárias.** Tratamento de água, 2ª edição. 265 p. 2010.

NSW HEALTH. Greywater reuse in Sewered single domestic premises, Sidney, 2002. Disponível em: <http://www.health.nsw.gov.au/publichealth/ehb/general/wastewater/greywater_policy.pdf>. Acesso em: 15 dezembro. 2018.

OLIVEIRA, N.M. Da Universidade Estadual de Goiás ; Silva, M.P. Da Faculdade Educacional de Goiás; Carneiro, V.A. Da Universidade Estadual de Goiás. **Reuso da água: um novo paradigma de sustentabilidade**. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=Reuso+da+%C3%A1gua%3A+um+novo+paradigma+de+sustentabilidade&oq=Reuso+da+%C3%A1gua%3A+um+novo+paradigma+de+sustentabilidade&aqs=chrome..69i57.1314j0j1&sourceid=chrome&ie=UTF-8> Acesso em 20 de Dezembro de 2018.

OTTOSON, J.; STRENSTRÖM, T. A. Feacal contamination nof greywater and associated microbial risk. **Water Research.** v. 37, n. 3, p. 645-655, 2003.

PÁDUA, Valter Lúcio de; FERREIRA, Andréa Cristina da Silva. Qualidade da água para consumo humano. In: HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. cap. 4.

PASCHOALATO, C. F. P. R.; MELLIS, G. V.; CIRINO, T. M. A. O **Enquadramento legal específico para o reúso de águas residuárias de ETE frente ao CONAMA 20**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 29., 2004, Paraná. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/vicari.pdf> Acesso em 18 de Dezembro de 2018.

PEREIRA, J. A. R. ; SOARES, Jaqueline Maria . **Rede Coletora de Esgoto Sanitário: Projeto, Construção e Operação.** 2a. ed. Belém: NUMA / EDUFPA, 2010. v. 1000. 296p .

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; DE LUCA, S. J.. **Caracterização da qualidade da água.** In: PORTO, R. LA L. (org.). Hidrologia ambiental. São Paulo: Editora da USP: ABRH,1991. p. 27-66.

PROSAB. **Uso racional de água em edificações.** Vitória. Editora SERMOGRAF 2006.

RAPOPORT, B. **Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial.** Ministério da saúde – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 85 f., 2004.

Reúso de água: solução viável para o reaproveitamento do recurso nas empresas. Tera Ambiental. Disponível em: < https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/reuso-de-agua-solucao-viavel-para-o-reaproveitamento-do-recurso-nas-empresas >. Acesso em 21 de Dezembro de 2018.

ROCHA, A. L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. **Caracterização e monitoramento do consumo predial de água. Brasília: (1998).** Ministério do Planejamento e Orçamento/ Secretária de Política Urbana. 38p. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA. DTA E1)

ROCHA, F. A.; SILVA, JO da; BARROS, F. M. **Reuso de águas residuárias na agricultura: A experiência israelense e brasileira.** Enciclopédia Biosfera, v. 6, p. 1-9, 2010.

Rodrigues, Raquel dos Santos. **As Dimensões Legais e Institucionais do Reuso de água no Brasil: Proposta De Regulamentação do Reuso no Brasil.** Universidade de São Paulo, 2005.

ROSE, J. B. G. Sun; GERBA, C. P**. Microbial Quality and Persistence of Enteric Pathogens in Graywater from Various Houhold Sources.** Water Res. 25:37-42, 1991.

SANTOS, A. R. S. ; CARDOSO, R. A. S. ; SILVA, M. J. Q. ; ARRUDA, A. S. ; PAULA, JOSÉ CARLOS DE F. . **Tratamento de Águas Cinza utilizando materiais de baixo custo: Uma Proposta de Ensino numa perspectiva CTS..** In: III CONEDU, 2016, Campina Grande-PB. Anais III CONEDU, 2016. v. 1.

SANTIAGO, Fábio dos Santos et al. **Bioágua familiar: reuso de água cinza para produção de alimentos no semiárido.** Recife: Projeto Dom Helder Camara, 2012.

SAUTCHÚK, C. A. et al. **Conservação e reuso da água em edificações.** São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

SETTI, M. B. C. Reúso de Água – Condições de contorno. 1995. 270 f. **Dissertação (mestrado)** – Escola politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), São Paulo.

SINAPI. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx >. Acesso em 29 de Junho 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnósticos dos serviços de água e esgoto (2014). Tabelas de informações e diagnósticos.** Brasília: MCIDADES. SNSA: IPEA, 2014. Disponível em <

http://www.epsjv.fiocruz.br/upload/Diagnostico_AE2014.pdf> Acesso em 31 de dezembro de 2018.

Soethe, Gabriella Caroline. **Desinfecção de Águas Cinzas pelos Métodos de Cloração e Radiação Ultravioleta para fins de Reúso Não Potável**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2013.

Telles, D.H.Q. (2007). **Análise sobre a situação socioambiental e atividade turística da Vila de Encantadas, Ilha do Mel, Paraná.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

Tomaz, Plinio. **ECONOMIA DE ÁGUA.** Editora Navegar, 2001. 63 p.

VIVACQUA, M.C.R. **Qualidade da água do escoamento superficial urbano: revisão visando o uso local.** Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Pós-Graduação em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento e destinação de efluentes líquidos da agroindústria.** Brasília – DF: ABEAS, Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1996. Pag30.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and graywater.** Excreta and greywater use in agriculture. v.IV. Geneva: World Health Organization, 2006b.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Perfil do Sistema.

APÊNDICE B – Perfil Hidráulico.

APÊNDICE C – Sistema de Sucção e Recalque das Águas Cinzas Tratada.

APÊNDICE D – Detalhamento do Trecho F.

APÊNDICE E – Corte do Sistema de Tratamento de Águas Cinzas.

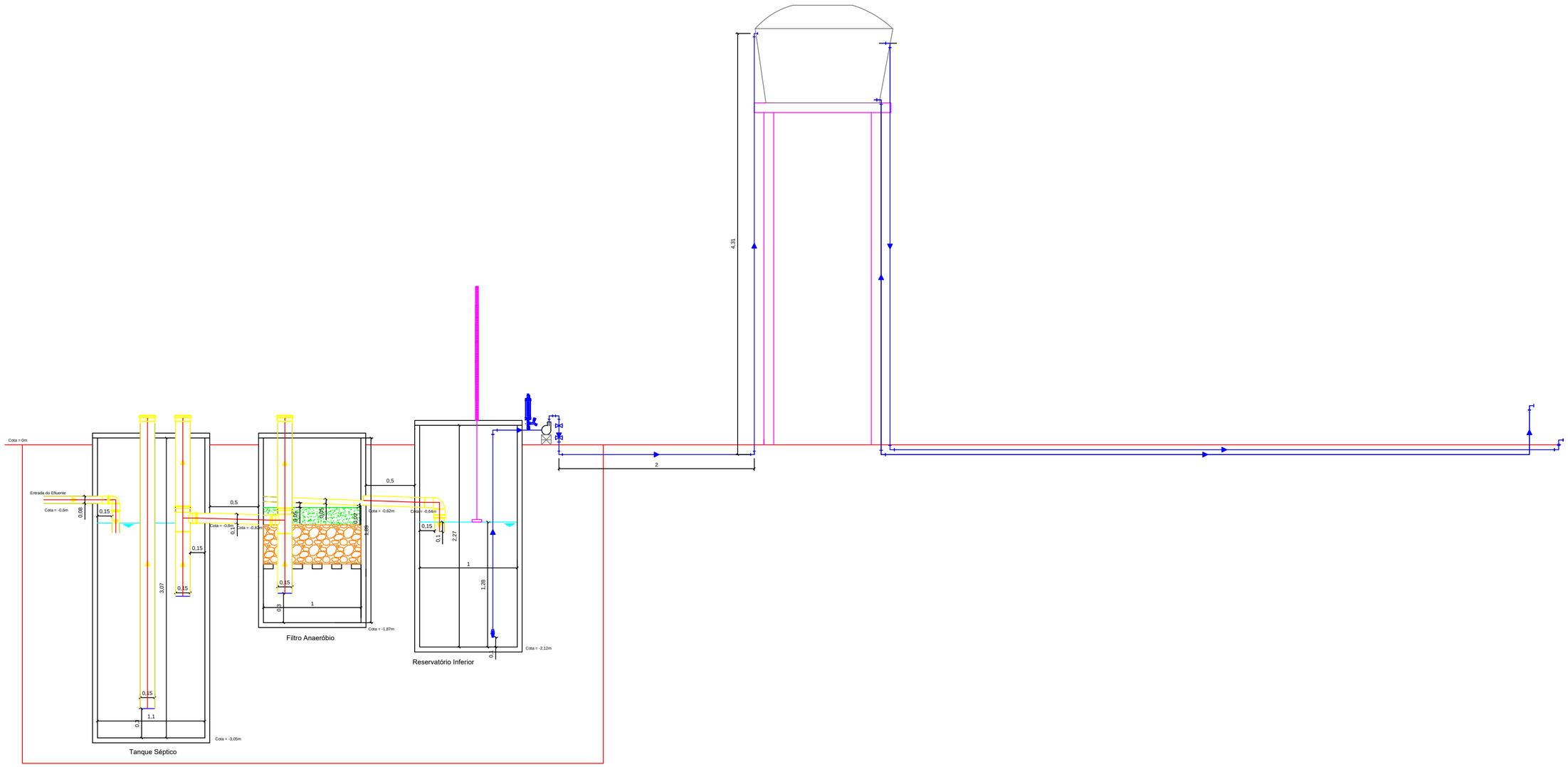
APÊNDICE F – Planta baixa da Residência com tubulações Sanitárias e Sistema de Irrigação.

APÊNDICE G – Clorador Simplificado.

APÊNDICE H – Planilha de Cálculo Hidráulico.

APÊNDICE I – Planilha de Orçamento.

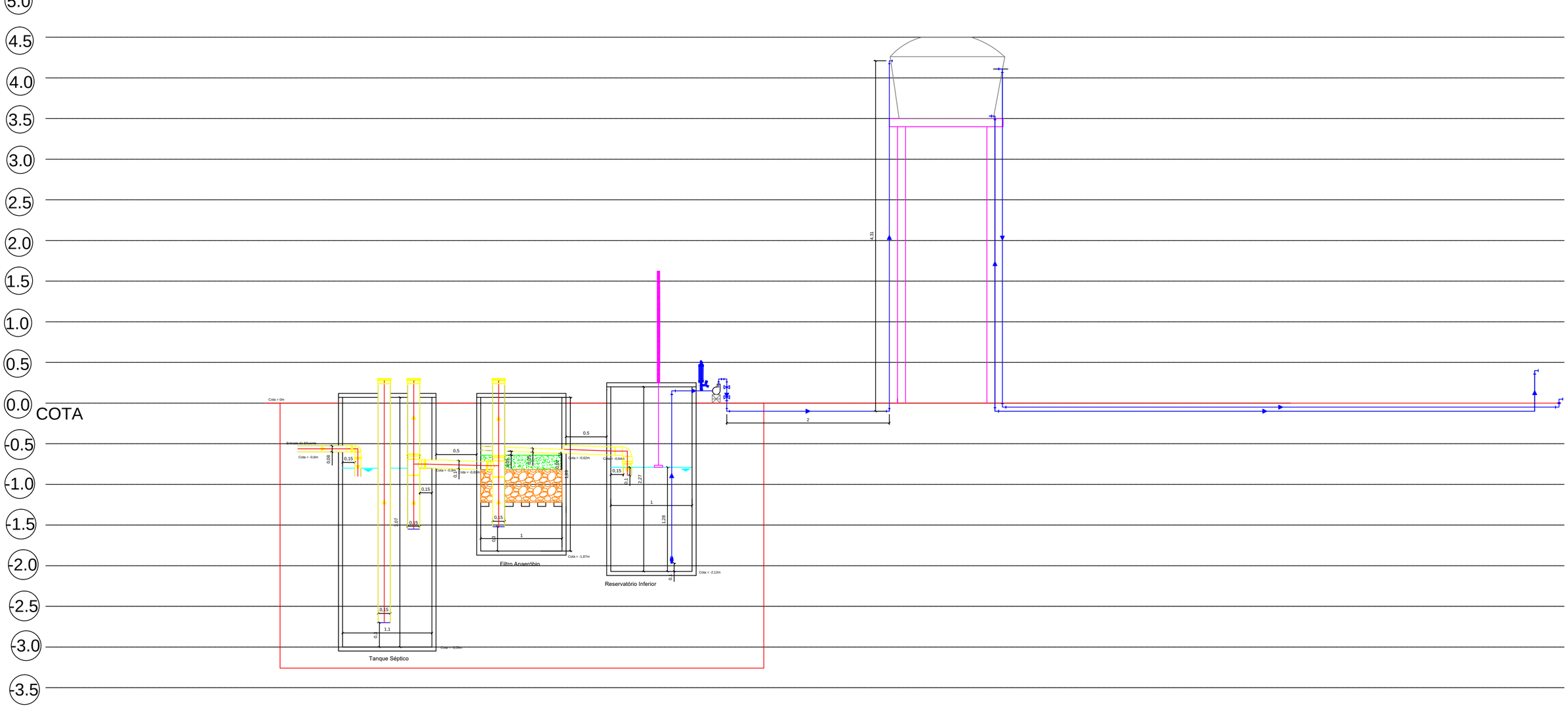
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



TÍTULO: Residência com tubulações Sanitárias e Sistema de Irrigação			
RESPONSÁVEL TÉCNICO: Cintia Alves Baia - Débora Regina da Costa Ferreira			
CLIENTE: Odailson da Silva Sales			
ASSUNTO: Perfil do Sistema			FOLHA: 02
REVISOR: Vanessa Conceição dos Santos	DATA: 01/07/2019		ESCALA: 1:25

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

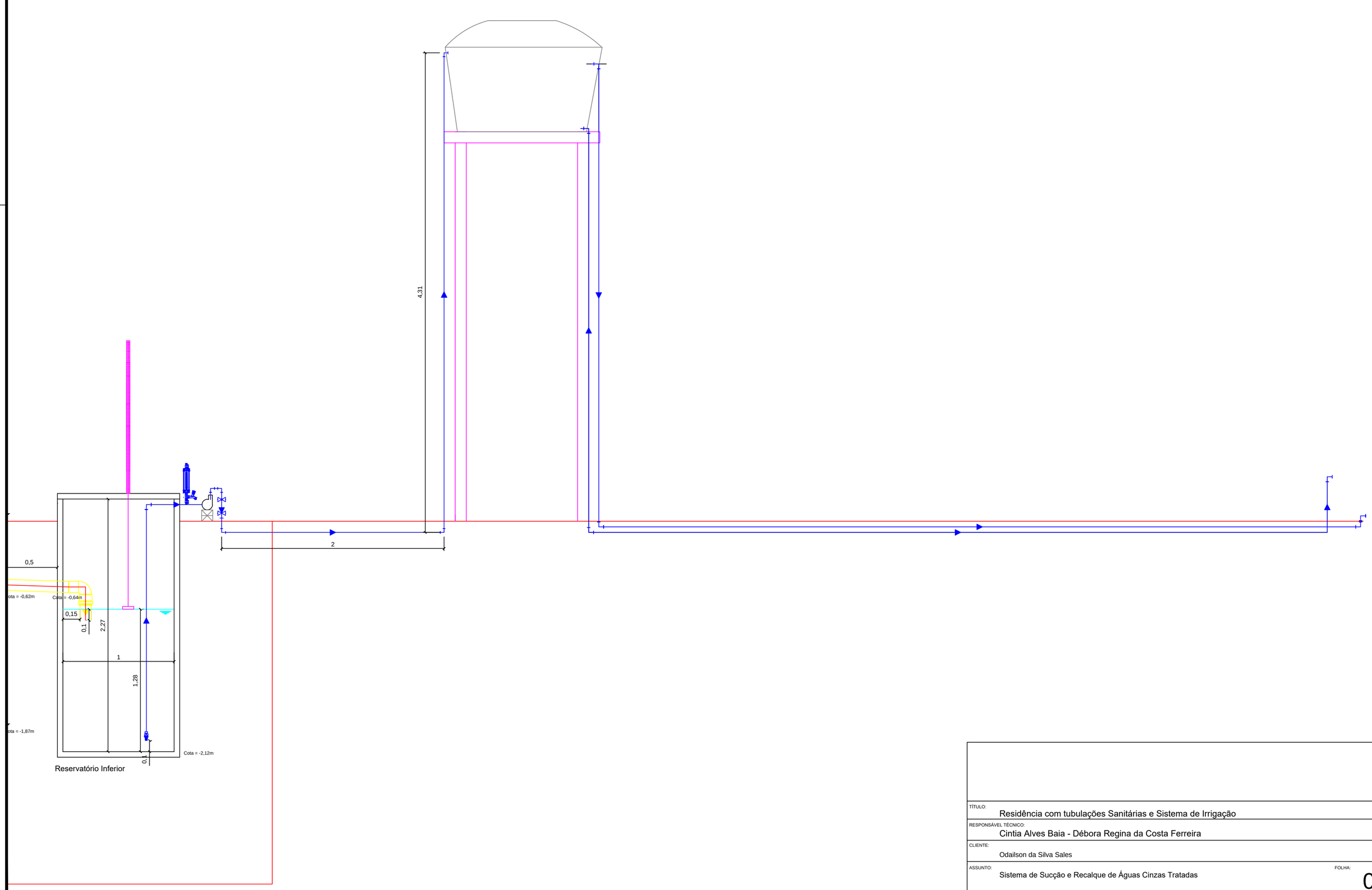
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



TÍTULO:	Residência com tubulações Sanitárias e Sistema de Irrigação
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	Cintia Alves Baia - Débora Regina da Costa Ferreira
CLIENTE:	Odailson da Silva Sales
ASSUNTO:	Perfil do Hidráulico
FOLHA:	01
REVISOR:	Vanessa Conceição dos Santos
DATA:	01/07/2019
ESCALA:	1:35

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

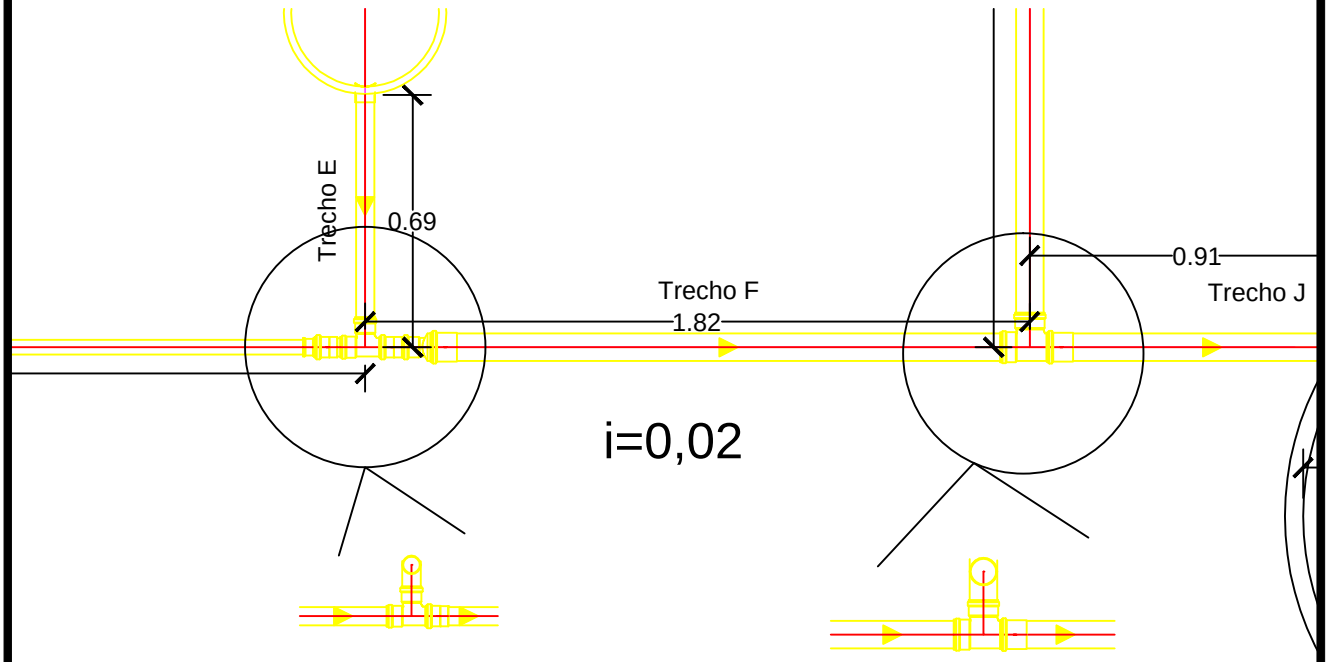
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



TÍTULO: Residência com tubulações Sanitárias e Sistema de Irrigação		
RESPONSÁVEL TÉCNICO: Cintia Alves Baia - Débora Regina da Costa Ferreira		
CLIENTE: Odailson da Silva Sales		
ASSUNTO: Sistema de Sucção e Recalque de Águas Cinzas Tratadas		FOLHA: 03
REVISOR: Vanessa Conceição dos Santos	DATA: 01/07/2019	ESCALA: 1:10

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

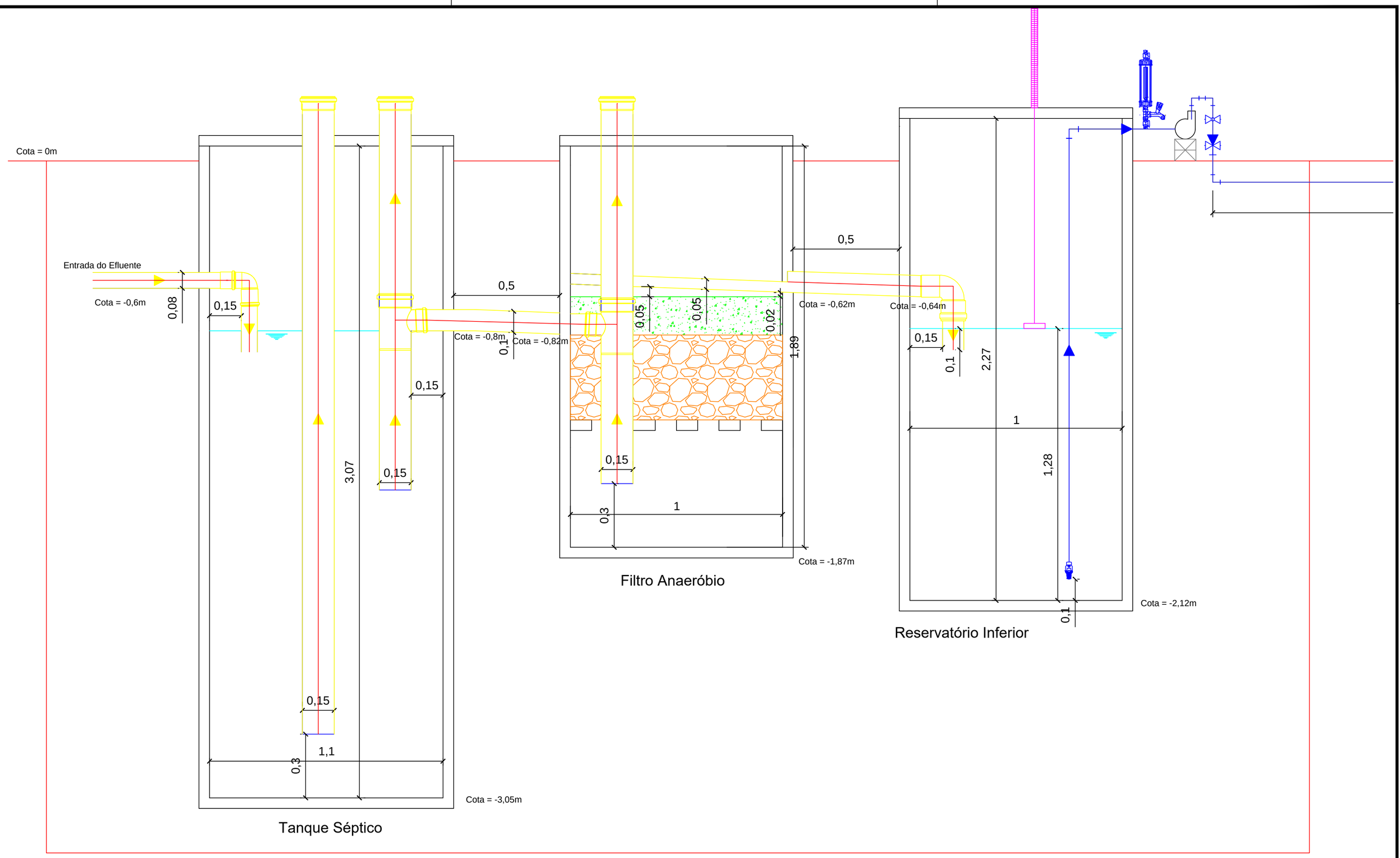
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



TÍTULO: Detalhamento do Trecho F	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Cintia A. Baia - Débora Regina da C. Ferreira
ASSUNTO: Clorador Simplificado	ESCALA: 1:10 / FOLHA: 07
CLIENTE: Odailson da Silva Sales	REVISOR: Vanessa Conceição dos Santos / DATA: 01/07/2019

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

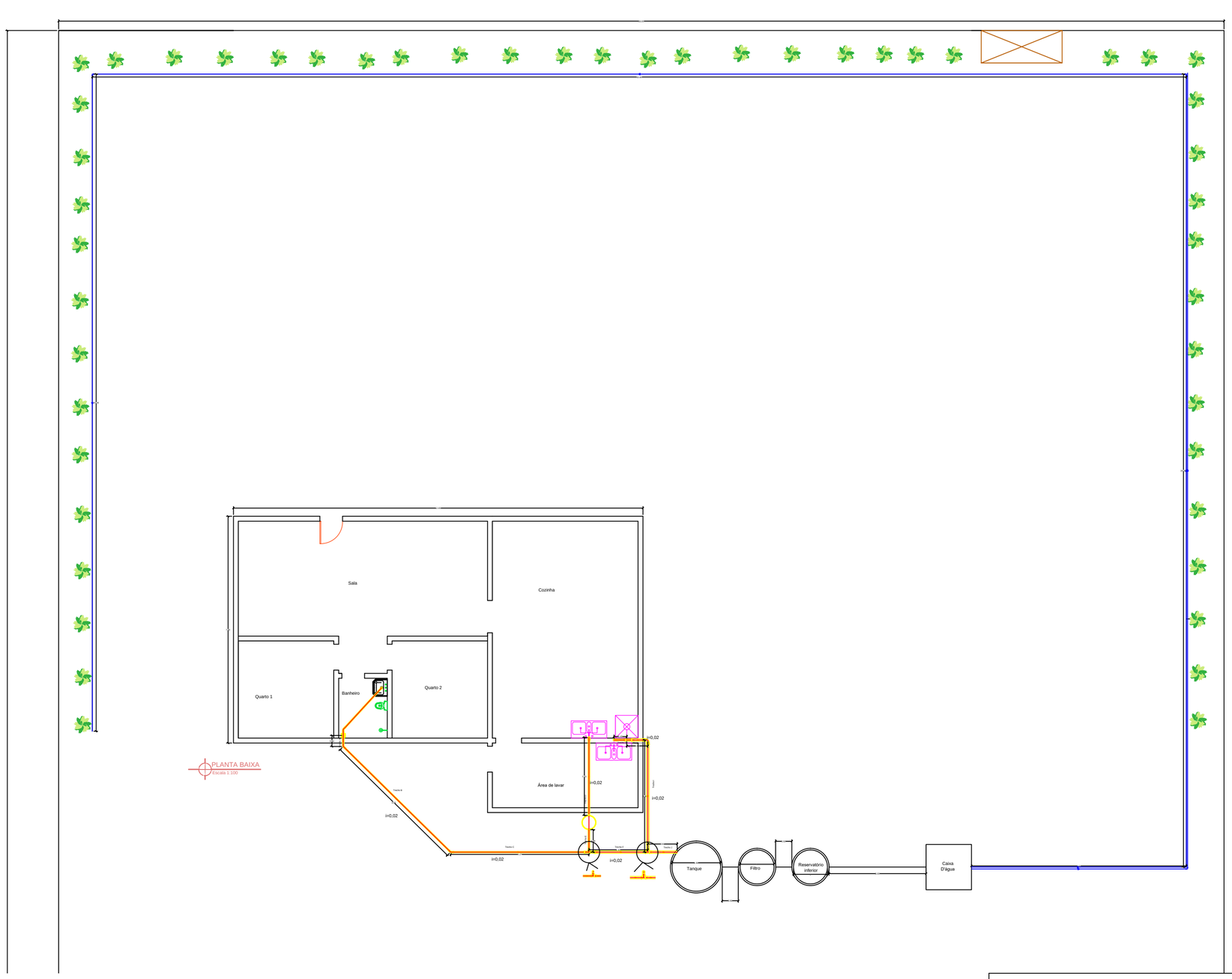
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



TÍTULO:	Residência com tubulações Sanitárias e Sistema de Irrigação
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	Cintia Alves Baia - Débora Regina da Costa Ferreira
CLIENTE:	Odailson da Silva Sales
ASSUNTO:	Corte do Sistema de Águas Cinzas
FOLHA:	03
REVISOR:	Vanessa Conceição dos Santos
DATA:	01/07/2019
ESCALA:	1:10

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



TÍTULO:
Residência com tubulações Sanitárias e Sistema de Irrigação

RESPONSÁVEL TÉCNICO:
Cintia Alves Baia - Débora Regina da Costa Ferreira

CLIENTE:
Odailson da Silva Sales

ASSUNTO:
Planta Baixa da Residência com Tubulações Sanitária e Sistema de Irrigação

FOLHA:
06

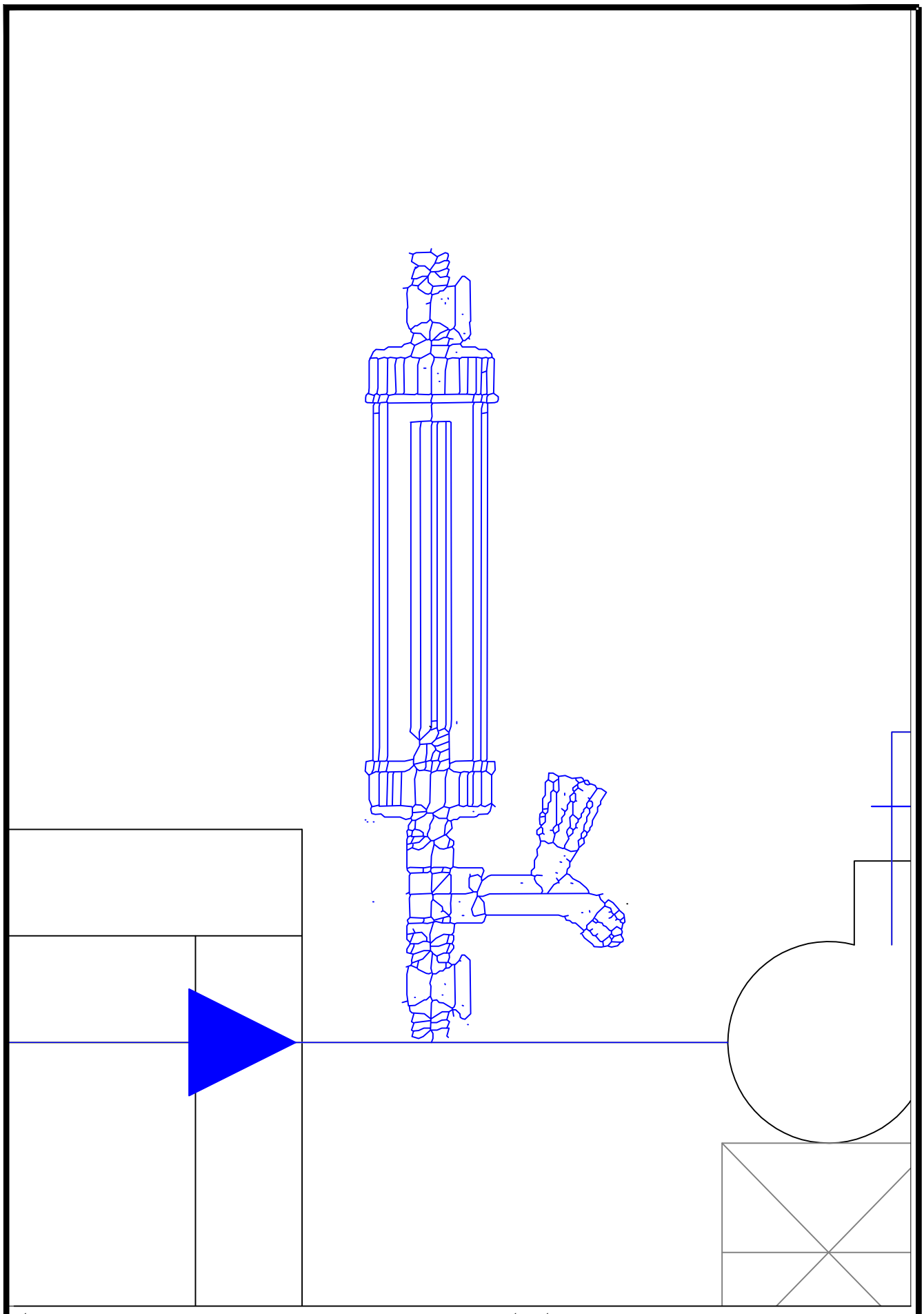
REVISOR:
Vanessa Conceição dos Santos

DATA:
01/07/2019

ESCALA:
1:10

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



TÍTULO: Residência com tubulações Sanitárias e Sistema de Irrigação	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Cintia A. Baia - Débora Regina da C. Ferreira	
ASSUNTO: Clorador Simplificado	ESCALA: 1:10	FOLHA: 05
CLIENTE: Odailson da Silva Sales	REVISOR: Vanessa Conceição dos Santos	DATA: 01/07/2019

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

APÊNDICE H – Planilha de Cálculo Hidráulico

DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA DE ESGOTO										
TRECHO	COMPRIMENTO DO TRECHO	DIAMETRO DO COLETOR (M)	COTAS DO TERRENO (m)		PROFUNDIDADE DO COLETOR (m)		COTAS DO COLETOR (m)		DESNIVEL (m)	DECLIVIDADE
			CTM	CTJ	PCM	PCJ	CCM	CCJ		
A	0.3	0.04	0	0	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.006	0.02
B	4.75	0.04	0	0	0.3	0.4	-0.3	-0.4	0.095	0.02
C	4.3	0.04	0	0	0.4	0.5	-0.4	-0.5	0.086	0.02
D	2.4	0.05	0	0	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.048	0.02
E	0.7	0.05	0	0	0.4	0.4	-0.4	-0.4	0.014	0.02
F	1.85	0.075	0	0	0.5	0.6	-0.5	-0.6	0.037	0.02
G	0.4	0.04	0	0	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.008	0.02
H	0.5	0.075	0	0	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.01	0.02
I	3.5	0.075	0	0	0.3	0.4	-0.3	-0.4	0.07	0.02
J	0.75	0.075	0	0	0.6	0.6	-0.6	-0.6	0.015	0.02

APÊNDICE I – Planilha de Orçamento

REUSO DE AGUAS CINZAS

LISTA DE MATERIAL

TUBULAÇÃO DE ESGOTO DOS APARELHOS SANITARIOS ATE O TANQUE SEPTICO				
ITEM	**MATERIAL**	**QUANT.**	**Preço Unitário**	**Preço total**
1	Curva 90° Curta Esg. Série Normal DN 50	1	R$ 5.57	R$ 5.57
2	Anel de Vedação Esgoto DN 75	8	R$ 7.36	R$ 58.88
3	Curva 90° Curta Esg. Série Normal DN 75	1	R$ 10.91	R$ 10.91
4	Luva Simples Esg. Série Normal DN 50	3	R$ 4.82	R$ 14.46
5	Joelho 90° Esg. Série Normal DN 50	2	R$ 5.03	R$ 10.06
6	Joelho 90° Esg. Série Normal DN 40	1	R$ 3.36	R$ 3.36
7	Luva Simples Esg. Série Normal DN 75	5	R$ 3.11	R$ 15.55
8	Bucha Redução Esgoto Série Normal DN 50x40	1	R$ 1.31	R$ 1.31
9	Tubo Esgoto de PVC Esgoto Série Normal DN 50 (m)	4	R$ 5.12	R$ 20.48
10	Joelho 90° Esg. Série Normal DN 75	1	R$ 3.73	R$ 3.73
11	Tubo Esgoto de PVC Esgoto Série Normal DN 40 (m)	10.2	R$ 3.00	R$ 30.60
12	Curva 45° Longa Esg. Série Normal DN 40	3	R$ 4.26	R$ 12.78
13	Tubo Esgoto de PVC Esgoto Série Normal DN 75 (m)	6.4	R$ 7.39	R$ 47.30
14	Tê Esgoto Série Normal DN 50x50	3	R$ 4.04	R$ 12.12
15	Tê Esgoto Série Normal DN 75x75	2	R$ 8.07	R$ 16.14
16	Caixa Sifonada Quadrada c/ 1 Entrada n°61 Branca 100 x 100	1	R$ 10.22	R$ 10.22
17	Red. Excêntrica Esg. Série Normal DN 75x50	2	R$ 4.31	R$ 8.62
18	Anel de Vedação Esgoto DN 50	11	R$ 5.07	R$ 55.77
	Total		R$ 96.68	**R$ 337.86**

MANILHAS DE CONCRETO				
ITEM	**MATERIAL**	**QUANT.**	**Preço Unitário**	**Preço total**

	TANQUE SEPTICO			
1	Fundo do Tamque de Concreto dm 110mm ; altura 5cm	1	R$ 60.00	R$ 60.00
2	Tampa de Concreto dm 110mm ; 5cm altura	1	R$ 60.00	R$ 60.00
3	Manilha de Concreto dm 110mm ; altura 50cm	5	R$ 90.00	R$ 450.00
4	Manilha de Concreto dm 110mm ; altura 30cm	1	R$ 40.00	R$ 40.00
5	Manilha de Concreto dm 110mm ; altura 37cm	1	R$ 40.00	R$ 40.00
	total		R$ 290.00	R$ 650.00
	FILTRO ANAEROBIO			
6	Fundo do Tamque de Concreto dm 100mm ; altura 5cm	1	R$ 60.00	R$ 60.00
7	Tampa de Concreto dm 100mm ; 5cm altura	1	R$ 60.00	R$ 60.00
8	Tampa de Concreto do fundo falso dm 100mm ; 5cm altura	1	R$ 60.00	R$ 60.00
9	Manilha de Concreto dm 100mm ; altura 50cm	3	R$ 90.00	R$ 270.00
10	Manilha de Concreto dm 100mm ; altura 30cm	1	R$ 40.00	R$ 40.00
	total		R$ 310.00	R$ 490.00
	RESERVATORIO INFERIOR			
11	Manilha de Concreto dm 100mm ; altura 50cm	4	R$ 90.00	R$ 360.00
12	Tampa de Concreto dm 100mm ; altura 5cm	1	R$ 60.00	R$ 60.00
13	Fundo do Tamque de Concreto dm 100mm ; altura 5cm	1	R$ 60.00	R$ 60.00
14	Manilha de Concreto dm 100mm ; altura 27cm	1	R$ 40.00	R$ 40.00
	total		R$ 250.00	R$ 520.00

TANQUE SEPTICO				
ITEM	**MATERIAL**	**QUANT.**	**Preço Unitário**	**Preço total**
1	Cap Esgoto Série Normal DN 150	2	R$ 42.01	R$ 84.02
2	Anel de Vedação Esgoto DN 75	2	R$ 7.36	R$ 14.72
3	Anel de Vedação Esgoto DN 150	1	R$ 9.42	R$ 9.42
4	Luva Simples Esg. Série Normal DN 75	1	R$ 3.11	R$ 3.11
5	Joelho 90° Esg. Série Normal DN 75	1	R$ 11.33	R$ 11.33
6	Tubo Esgoto de PVC Esgoto Série Normal DN 75 (m)	0.89	R$ 7.39	R$ 6.58

7	Tê Redução Esgoto Série Normal DN 150x100	1	R$ 25.87	R$ 25.87
8	Tubo Esgoto de PVC Esgoto Série Normal DN 150 (m)	4.59	R$ 21.33	R$ 97.90
	Total		R$ 127.82	**R$ 252.95**

FILTRO ANAEROBIO				
ITEM	**MATERIAL**	**QUANT.**	**Preço Unitário**	**Preço total**
1	Cap Esgoto Série Normal DN 150	1	R$ 42.01	R$ 42.01
2	Anel de Vedação Esgoto DN 150	1	R$ 9.42	R$ 9.42
3	Tê Redução Esgoto Série Normal DN 150x100	1	R$ 25.87	R$ 25.87
4	Tubo Esgoto de PVC Esgoto Série Normal DN 150 (m)	1.62	R$ 21.33	R$ 34.55
5	Tubo Esgoto de PVC Esgoto Série Normal DN 100 (m)	2.1	R$ 19.62	R$ 41.20
6	Areia para leito filtrante (m^3)	0.14	R$ 655.00	R$ 91.70
7	Brita (m^3)	0.32	R$ 54.54	R$ 17.45
	Total		R$ 827.79	**R$ 262.21**

RESERVATORIO INFERIOR				
ITEM	**MATERIAL**	**QUANT.**	**Preço Unitário**	**Preço total**
1	Tubo Esgoto de PVC Esgoto Série Normal DN 100 (m)	0.19	R$ 19.62	R$ 3.73
2	Anel de Vedação Esgoto DN 100	1	R$ 9.50	R$ 9.50
3	Joelho 90° Esg. Série Normal DN 100	1	R$ 4.74	R$ 4.74
4	Tubo Esgoto de PVC Esgoto Série Normal DN 100 (m)	0.8	R$ 19.62	R$ 15.70
	Total		R$ 53.48	**R$ 33.66**

TUBULAÇOES DE SUCÇÃO E RECALQUE DE AGUAS CINSAS TRATADA E BOMBA HIDRAULICA				
ITEM	**MATERIAL**	**QUANT.**	**Preço Unitário**	**Preço total**
1	Tubo Roscavel 25mm (m)	2	R$ 13.02	R$ 26.04
2	Joelho 90º Roscavel 25mm	1	R$ 4.14	R$ 4.14
3	Válvula pé com crivo 25mm	1	R$ 30.96	R$ 30.96
4	Joelho 90° Roscável 20 mm	4	R$ 2.35	R$ 9.40
5	Registro de Gaveta PVC Sold. 20mm	1	R$ 24.55	R$ 24.55
6	Valvula de retenção 20mm	1	R$ 28.69	R$ 28.69

7	Tubo Roscável 20 mm (m)	6.77	R$	6.71	R$	45.43	
8	Bomba Periférica Intech Machine - BP 500	1	R$	135.00	R$	135.00	Cine Foto Vaz
	Total		R$	245.42	**R$**	**304.21**	

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO							
ITEM	**MATERIAL**	**QUANT.**	**Preço Unitário**		**Preço total**		
1	Tubo Roscavel 25mm (m)	15.26	R$	13.02	R$	198.69	
2	Joelho 90º Roscavel 25mm	8	R$	4.14	R$	33.12	
3	Mangueira perfurada 25mm (m)	100.66	R$	8.70	R$	875.74	
4	Mangueira preta 25mm (m)	2.8	R$	8.70	R$	24.36	
5	Conecção mangueira preta 25mm - joelho 90° 25mm	3	R$	4.14	R$	12.42	
6	Conecção mangueira preta - luva 25mm	3	R$	2.58	R$	7.74	
7	Cap 25mm	2	R$	2.69	R$	5.38	
8	Caixa d'agua Fortlev Polietileno Azul 1000litros	1	R$	269.50	R$	269.50	Cine Foto Vaz
	Total		R$	313.47	**R$**	**1.426.95**	

MAO DE OBRA							
ITEM	**MATERIAL**	**QUANT.**	**Preço Unitário**		**Preço Total**		
1	1 Pedreiro (hora)	56	R$	14.67	R$	821.52	
2	1 Ajudante de pedreiro (hora)	56	R$	10.60	R$	593.60	
3	Volume de escavação (m^3)	20.286	R$	8.11	R$	164.52	
	Total		R$	33.38	**R$**	**1.579.64**	

CLORADOR SIMPLIFICADO

ITEM	**MATERIAL**	**QUANT.**	**Preço Unitário**		**Preço total**	
1	Registro SV roscável de 3/4"	2	R$	7.21	R$	14.42
2	CAP de pvc rígido soldável de 3"	2	R$	20.80	R$	41.60
3	Tubo de pvc rígido soldável de 3"	0.3	R$	26.35	R$	7.91
4	Nipel duplo roscável de 3/4"	1	R$	0.97	R$	0.97
5	Tê de pvc roscável 3/4"	1	R$	2.66	R$	2.66
6	Torneira de PVC de 3/4"	1	R$	24.88	R$	24.88

7	Balança de precissão	1	R$ 16.48	R$ 16.48
8	Hipoclorito de cálcio 65% (kg)	1	R$ 24.00	R$ 24.00
	Total		R$ 123.35	**R$ 132.92**
			Total da obra	**R$ 5.990.39**