



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO, PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

LUIDSON MACEDO NASCIMENTO

**ESTUDO DE CASO: VIABILIDADE NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE
REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS EM EDIFÍCIO INSTITUCIONAL**

PALMAS

2019

LUIDSON MACEDO NASCIMENTO

**ESTUDO DE CASO: VIABILIDADE NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE
REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS EM EDIFÍCIO INSTITUCIONAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: **Dr. Marcelo Mendes Pedroza**

**PALMAS
2019**

NASCIMENTO, L. M.

Estudo de caso: Viabilidade na implantação de sistema de reutilização de águas cinzas em edifício institucional. / Luidson Macedo Nascimento – Palmas, 2019. 81 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação do Tocantins, *Campus* Palmas, 2019.

Orientador: Marcelo Mendes Pedroza

1. Água cinza. 2. Reutilização. 3. Instalações hidro-sanitárias. I. Estudo de caso: Viabilidade na implantação de sistema de reutilização de águas cinzas em edifício institucional.

LUIDSON MACEDO NASCIMENTO

**ESTUDO DE CASO: VIABILIDADE NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE
REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS EM EDIFÍCIO INSTITUCIONAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas, como exigência à obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Marcelo Mendes Pedroza (Orientador)
IFTO – Campus Palmas

Prof. Me. Danilo Gomes Martins
IFTO – Campus Palmas

Prof. Me. Octaviano Sidnei Furtado
IFTO – Campus Palmas

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e determinação que sempre tem me concedido, especialmente durante a realização deste projeto. Agradeço a conclusão desta importante etapa da minha vida.

Aos meus pais e irmão, por toda ajuda e companheirismo. A realização deste projeto é de imensa alegria e realização para meus pais. Sem eles isto jamais teria ocorrido.

Aos amigos de graduação pela companhia nos bons e difíceis momentos, especialmente a Gustavo, Hildo, Heron, Jaryd, Kaio e Ramon.

Aos professores, Dr. Marcelo Mendes Pedroza e Me. Danilo Gomes Martins, pela paciência, auxílio e orientação dedicados a mim na consolidação do aprendizado.

RESUMO

A escassez de água potável em diversas regiões do planeta vem sendo amplamente divulgadas pela mídia e sendo objeto de inúmeros estudos acadêmicos, devendo criar preocupação na sociedade de forma a conservar este recurso natural indispensável à vida humana. Desde as primeiras civilizações, a água foi o fator preponderante para que os seres humanos alterassem seu *modus vivendi* do nomadismo para o sedentarismo. A ausência de água está ligada a diversos fatores, dentre os quais a natural má distribuição no planeta. No entanto a sua falta provoca graves problemas tanto no crescimento e manutenção populacional, quanto na produtividade de atividades dependentes de sua utilização. Nesse sentido, destacam-se os sistemas alternativos de abastecimento de água, dentre os quais a utilização de águas pluviais e a reutilização de águas cinzas. A continuidade na produção das águas cinzas, ante à sazonalidade e baixos índices pluviométricos das águas pluviais na região, foi fator preponderante para torná-la objeto de estudo de uma proposta de implantação do sistema de captação e reutilização de águas cinzas com finalidade de utilizações não potáveis em alguns dos blocos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, localizado em Palmas – TO. Para o sistema de reutilização de águas cinzas, inicialmente foi determinado o potencial de geração de água cinza, obtendo-se, para o período pesquisado, produção média diária de 1200 litros. A quantidade máxima de água cinza obtida para o período pesquisado foi de 1600 litros diários. Estimou-se o consumo dos aparelhos que utilizam água não potável, obtendo-se um consumo anual de 234,54 m³. Levando-se em conta a produção semanal de água cinza de 6,00 m³, e de acordo com a logística de utilização de seu volume para a limpeza de pisos e irrigações de jardins, constatou-se ser necessária a implantação de reservatório de água cinzas inferior com volume de 6000 litros. Foram realizadas as alterações necessárias no projeto original para segregar as águas cinzas das águas amarelas e marrons. Para a classe de utilização da água cinza, segundo a NBR 13.969/97, definida nesta pesquisa, verificou-se o atendimento das amostras estudadas quanto ao pH, sólidos dissolvidos totais e coliformes fecais. O único parâmetro de qualidade não atendido pelas amostras brutas foi a turbidez. Dessa forma, definiu-se o sistema para o tratamento do efluente com um sistema de floculação/decantação, seguido pelos filtros de areia e de carvão ativado. Por fim, no reservatório de água cinza haverá a desinfecção por um sistema flutuante de cloro, para o atendimento do parâmetro de qualidade de cloro residual. Determinou-se o custo de implantação da ordem de R\$ 25.058,53, e um potencial de economia de água de 240,00 m³ anualmente.

Palavras-chave: Reutilização de água cinza. Potencial de economia. Consumo.

ABSTRACT

The scarcity of potable water in several regions of the planet has been reported by the media and has been the subject of numerous academic studies. It should create in society the responsibility to conserve this natural resource indispensable to the human life. Since the earliest civilizations, water has been a major factor in changing humans' modus vivendi from nomadism to sedentary lifestyle. The absence of water is linked to several factors, including the natural unequal distribution of water in the planet. However, it also can causes serious problems both in population growth and maintenance, and in the productivity of activities dependent on its use. In this sense, alternative water supply systems stand out, including the use of rainwater and the reuse of gray water. The continuity in the production of gray water, due to the seasonality and low rainfall of the rainwater in the region, was the major factor to make it the object of study of a proposal to implement the system of capture and reuse of gray water for the purpose of unused uses in some of the blocks of the Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia, located in Palmas - TO. Initially the gray water generation potential was determined for the gray water reuse system, obtaining an average daily production of 1200 liters for the researched period. The maximum amount of gray water obtained for the period was 1600 liters per day. The consumption of appliances that use non-potable water was estimated, obtaining a annual consumption of 234.54 m³. Considering the weekly production of gray water of 6.00 m³, and the logistics of using its volume for cleaning floors and garden irrigation, it was found that the installation of the gray water box was necessary a volume with 6000 liters. The necessary changes were made to the original project to segregate the gray waters from yellow and brown waters. For the gray water utilization class according to NBR 13.969/97 defined in this research, it was verified the attendance of the studied samples regarding the pH, total dissolved solids and fecal coliforms. The only quality parameter not met by the raw samples was turbidity. Thus, the system was defined for the treatment of effluent with a flocculation/decantation system, followed by sand and activated carbon filters. Finally, in the gray water box there will be disinfection by a floating chlorine system to meet the residual chlorine quality parameter. The implementation cost of R\$ 25.058,53 was determined, with an annual water saving potential of 240.00 m³.

Keywords: Reuse of gray water. Saving potential. Consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo da água no saneamento básico	19
Figura 2 - Tipos e utilização das "águas"	22
Figura 3 - Distribuição do consumo de água por tipo de aparelho sanitário.	23
Figura 4 - Produção x demanda diária de água cinza.....	24
Figura 5 - Produção x demanda diária acumulada de água cinza.....	24
Figura 6 - Funcionamento do sistema de tratamento (ETE-UFES).....	25
Figura 7 - Vista superior da ETAC da UFES.....	25
Figura 8 - Amostras coletadas em cada etapa de tratamento e no vaso sanitário.	26
Figura 9 - Vista superior do Instituto Federal Campus Palmas.....	36
Figura 10 - Recorte do projeto sanitário dos banheiros (blocos 16 e 17).....	37
Figura 11 - Representação dos banheiros térreos para a segregação das águas cinzas.	41
Figura 12 - Representação dos banheiros superiores para a segregação das águas cinzas.....	42
Figura 13 - Local de coleta das amostras.	43
Figura 14 - Equipamento jar-test empregado nos ensaios de coagulação/floculação/decantação.....	45
Figura 15 - Sistema de filtração de águas cinzas com filtro de areia e carvão ativado em série.....	46
Figura 16 - Ensaio para determinação de sólidos suspensos totais	48
Figura 17 - Ensaio para determinação de turbidez.	49
Figura 18 - Ensaio para determinação de demanda química de oxigênio (DQO).....	50
Figura 19 - Ensaio para determinação de cloretos.....	53
Figura 20 - Ensaio para determinação de coliformes fecais e <i>Escherichia coli</i>	54
Figura 21 - Etapas de tratamento de águas cinza	60
Figura 22 - Reservatório com capacidade de 6000 litros	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Regiões do Brasil com área em km ² e população.....	18
Tabela 2 - Níveis de atendimento com água e esgotos dos municípios cujos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2016, segundo região geográfica e Brasil.....	20
Tabela 3 - Estimativa de consumo residencial nos EUA.....	29
Tabela 4 - Estimativa de consumo residencial de água potável no Brasil.....	30
Tabela 5 - Parâmetros de engenharia para estimativas de demanda residencial de água (uso interno). 30	
Tabela 6 - Quantitativo de aparelhos no bloco.....	36
Tabela 7 - Consumo de água cinza.....	38
Tabela 8 - Consumo de água cinza sem chuveiro.....	38
Tabela 9 - Faixas prováveis de remoção dos poluentes, conforme o tipo de tratamento, consideradas em conjunto com o tanque séptico (em %).....	44
Tabela 10 - Contagem populacional e consumo de água nos blocos 16 e 17.....	47
Tabela 11 - Características químicas das águas cinzas obtidas em alguns países.....	51
Tabela 12 - Características químicas das águas cinzas obtidas em alguns países.....	52
Tabela 13 - Resultados dos ensaios físicos, químicos e microbiológicos.....	55
Tabela 14 - Turbidez e pH após coagulação.....	56
Tabela 15 - Características da pastilha de cloro.....	61
Tabela 16 - Consumo de água na irrigação de jardins.....	61
Tabela 17 - Consumo de água na limpeza dos pisos.....	62
Tabela 18 - Distribuição do consumo de água cinza (semana 1).....	63
Tabela 19 - Distribuição do consumo de água cinza (semana 2).....	63
Tabela 20 - Consumo e produção.....	64
Tabela 21 - Economia de água potável gerada pelo sistema de reutilização de água cinza.....	66
Tabela 22 - Análise do tempo de retorno do sistema.....	66

LISTA DE SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO: Demanda Química de Oxigênio

ETAC: Estação de Tratamento de Águas Cinzas

ETE: Estação de Tratamento de Esgoto

IFTO: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins

NBR: Norma Brasileira

SNIS: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

UFES: Universidade Federal do Espírito Santo

UNT: Unidade Nefelométrica de Turbidez

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. PROBLEMA DE PESQUISA.....	15
3. JUSTIFICATIVA.....	16
4. OBJETIVOS.....	16
4.1. Objetivo Geral.....	16
4.2. Objetivos Específicos.....	17
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
5.1. Distribuição da água.....	17
5.2. Tipos de reúso.....	20
5.3. Histórico sobre a coleta e reaproveitamento de águas cinzas.....	21
5.4. Sistemas de reúso de águas cinzas no mundo.....	21
5.5. Sistemas de reúso de água cinza no Brasil.....	22
5.6. Legislações e normas técnicas brasileiras sobre o reaproveitamento de águas cinzas.....	26
5.7. Consumo de água.....	28
5.8. Consumo de água residencial.....	28
5.9. Quantificação da produção e demanda de águas cinzas.....	30
5.10. Componentes do sistema de captação de águas cinzas.....	32
6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	35
6.1. Localização e descrição da área de estudo.....	35
6.2. Estimativa de volume de água cinza produzido diariamente.....	37
6.3. Representação gráfica do sistema de distribuição de água cinza.....	39
6.4. Caracterização qualitativa das águas cinzas obtidas na pesquisa.....	43
6.5. Tratamento de águas cinzas através do processo de coagulação/decantação/filtração/adsorção em escala de laboratório.....	44
6.6. Análise econômica e de viabilidade do sistema.....	47
7.0. RESULTADOS.....	47
7.1. Produção de água cinza.....	47
7.2. Características físicas.....	48
7.3. Características químicas.....	49
7.4. Características microbiológicas.....	53
7.5. Ensaio de Coagulação/Floculação/Decantação.....	55
7.6. Dimensionamento da estação de tratamento de água cinza.....	57
7.7. Viabilidade para a utilização na limpeza do piso e irrigação do jardim.....	61
7.8. Reservatório de água cinza.....	62
7.9. Consumo mensal.....	63

7.10.	Análise econômica	64
7.11.	Análise de potencial de economia do sistema de reutilização de águas cinzas	65
8.	CONCLUSÕES	67
9.	RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS	68
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
	APÊNDICE A – METODOLOGIA PARA ENSAIOS LABORATORIAIS	73
	APÊNDICE B – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DE IMPLANTAÇÃO	80

1. INTRODUÇÃO

A presença de água no planeta Terra é abundante. No entanto, 97,5% desse total estão nos oceanos e somente 2,5% é doce, sendo que dessas, 2% está nas geleiras, e apenas 0,5% está disponível nos corpos de água da superfície (rios e lagos), e a maior parte, cerca de 95%, está nos solos na forma de lençóis freáticos (NOGUEIRA, 2006).

Outro aspecto importante é que a água doce do planeta está mal distribuída em relação à distribuição da população. Há partes da Terra que sofrem com a falta crônica desse líquido indispensável à vida. Neste aspecto o Brasil tem uma situação favorável, possuindo cerca de 12% de toda água doce existente na Terra (TOMAZ, 2010). Mas mesmo com essa abundância de oferta, nossas cidades enfrentam crises de abastecimento, das quais não escapam nem mesmo as situadas na Região Norte, onde se localiza 80% das descargas de água dos rios do Brasil (REBOUÇAS, 2003).

Nos primórdios a humanidade utilizava a água somente para necessidades básicas, como preparo de alimentos, bebida e banho. Já no mundo moderno surgiram novas necessidades com a adesão de hábitos de higiene, crescimento demográfico e de indústrias, aumentando significativamente o consumo e forçando o homem a buscar fontes de água em maior quantidade e qualidade.

Nessa perspectiva, então, a procura, estudo e divulgação de fontes alternativas de racionalização, como o reúso de água, se torna um tema recorrente. Embora o colapso do abastecimento seja uma realidade em diferentes partes do mundo, sobretudo em bairros da periferia de centros urbanos densamente povoados, ainda assim vive-se a ilusão de que a água é um recurso infinito.

A ABNT NBR 13.969/97 não apenas permite a reutilização do esgoto tratado, como também enfatiza o dever de reutilizá-lo para fins que não exigem potabilidade da água, mas que, ao menos, possua segurança sanitária. A norma divide em quatro classes as finalidades de reutilização das águas residuárias e apresenta os parâmetros de tratamento exigidos.

A redução do consumo de água potável proveniente da rede de abastecimento, através do reúso de águas cinzas – aquelas oriundas dos lavatórios, dos chuveiros, da máquina de lavar e do tanque – para utilizações menos nobres, como a lavagem de pisos, descarga em sanitários e até irrigação de jardins, minimiza a utilização de água potável.

Visando difundir a reutilização de água, bem como de reduzir o seu consumo em excelente condição de potabilidade, este estudo visa apresentar a economia e os benefícios obtidos através de uma análise de viabilidade na implantação de sistema de reutilização de águas cinzas nos blocos 16 e 17 do Campus Palmas do Instituto Federal do Tocantins.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

Uma solução para a preservação das águas é o investimento em saneamento e o tratamento do esgoto sanitário nas ETEs, onde é reproduzido, em menor espaço e tempo, a capacidade de autodepuração dos cursos d'água (LEONETI ET AL, 2011).

O saneamento básico, que é um direito essencial garantido na Constituição Federal de 1988, é nitidamente negligenciado pelas esferas do poder público responsável pelas tomadas de decisões, sendo produto puramente de escolhas políticas. Esse descaso com boa parte da população se deve ao fato de que os gestores não identificam nos serviços de coleta e tratamento dos esgotos um benefício eleitoral. Por outro lado, grande parcela da população não requisita tais serviços por desconhecimento dos malefícios que o descarte inadequado do esgoto pode causar à saúde e ao meio ambiente.

Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2016) indicam um índice médio nacional de 93,0% para o abastecimento de água urbano. Já em termos de esgotamento sanitário, o índice foi de 59,7% para a coleta, caindo para somente 44,9% no que se refere à parcela de esgoto tratado em relação a toda quantidade gerada. Em termos relativos, 74,9% da quantidade de esgoto coletado é tratado.

Neste contexto, torna-se importante desenvolver estudos e tecnologias para a conservação de água potável. Das várias maneiras de se conservar água, as duas mais disseminadas são: aproveitar águas pluviais e reutilizar águas cinzas para usos não potáveis (MAY, 2009).

Tem sido recorrente nos noticiários nacionais a veiculação de notícias sobre graves crises de abastecimento de grandes centros urbanos que, mesmo com índices de precipitação pluviométrico superiores a regiões áridas do país, têm apresentado sinais de insuficiência devido a enormes taxas demográficas. É o caso do Estado de São Paulo, onde o governo, através de decreto, proibiu a utilização de água potável para a limpeza de ruas, praças, calçadas, pisos frios e áreas de lazer. Cabem, porém, os questionamentos:

- 1) O Brasil tem legislações excessivas e o poder público não possui a capacidade de fiscalizá-las de forma eficaz. Criar leis e decretos para incentivar a reutilização de água é o único caminho?
- 2) Seria mais eficaz demonstrar os benefícios econômicos e ambientais que a utilização de água cinza para fins não potáveis traria?
- 3) Há viabilidade na utilização de água cinza para a limpeza de pisos e irrigação da grama nos blocos do IFTO?

É sob este ponto de vista que o seguinte trabalho se desenvolve: apresentar os benefícios econômicos e ambientais da água cinza através de um estudo de caso.

3. JUSTIFICATIVA

A água, condição *sine qua non* para a vida humana, possui quantidade constante na Terra, e os recursos hídricos são renováveis graças ao ciclo hidrológico. Enquanto o consumo de água não exceder a capacidade de renovação natural dos aquíferos e eles não forem poluídos, poderão ser utilizados indefinidamente. Em países como Líbia, Arábia Saudita e Israel, o contínuo aumento do consumo de água já esgotou a capacidade de autodepuração dos recursos hídricos (PEREIRA, 2004).

Pereira (2004) ainda enfatiza que o tratamento das águas utilizadas não acompanha o ritmo de geração dos agentes poluidores, sendo quase a totalidade dos esgotos domésticos urbanos lançados *in natura* nos corpos hídricos. Nesse sentido, mesmo com um ciclo hidrológico que promove renovação na água, é essencial desenvolvermos estudos sobre possibilidade de reúso de águas para o reaproveitamento em situações não potáveis.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral

Proceder a análise, através de estudo de caso, sobre a viabilidade da implantação de um sistema de reaproveitamento de água cinza sob as perspectivas de capacidade de abastecimento e potabilidade mínima exigida em blocos do IFTO, Instituto Federal de

Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, localizado na 310 Sul, na cidade de Palmas, Tocantins.

4.2. Objetivos Específicos

- Estimar o volume de água cinza produzida diariamente
- Representar o sistema de distribuição de água cinza
- Caracterizar qualitativamente a água cinza
- Definir a estação de tratamento de água cinza
- Analisar economicamente a viabilidade do sistema

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1. Distribuição da água

Ao contrário do que se imagina, a quantidade de água da Terra é constante: não aumenta e nem diminui por conta do ciclo hidrológico. A escassez de água em determinadas regiões ocorre devido a fatores climáticos, elevada densidade populacional, poluição de mananciais e alteração do regime de escoamento superficial de aquíferos subterrâneos (PEREIRA, 2004).

O escoamento superficial compreende o processo pelo qual a água, após as chuvas, é absorvida pelo solo, permeando através de suas camadas superficiais, e se armazena nos aquíferos subterrâneos (popularmente conhecido como lençóis freáticos). Da precipitação que atinge o solo, parte se infiltra e parte escoam superficialmente. Os aquíferos subterrâneos, por sua vez, são a principal fonte de alimentação dos corpos hídricos durante os longos períodos de estiagem, onde a ausência de precipitação pluviométrica não permite o abastecimento. Vários problemas podem afetar o escoamento superficial: a impermeabilização consequente da urbanização, o desmatamento das matas ciliares e a erosão (CARVALHO ET AL, 2006).

Apesar de haver classificações como águas superficiais, águas subterrâneas e águas atmosféricas, o que há, na realidade, é somente a mudança na condição do líquido. A água que precipita (chuva ou neve) em algum momento já esteve no subsolo, rios, oceanos ou até mesmo congelada na forma de icebergs. A água está em movimento constante. Essa volubilidade é chamada de ciclo hidrológico (MMA, 2018).

Os países mais ricos em recursos hídricos superficiais e subterrâneos são, na grande maioria, os de dimensões comparáveis a continentes, como Canadá, China, Estados Unidos, Brasil, Índia, Indonésia e Bangladesh. Enquanto isso, alguns dos países menos beneficiados com água, em grande parte na África saariana a subsaariana e Oriente Médio, a escassez de água tem se tornando uma realidade.

O Brasil é o país que mais dispõe de recursos hídricos gerados por precipitações atmosféricas sobre seu território, de superfície e subterrâneos. Os recursos hídricos de superfície brasileiros correspondem a uma vazão média de 169.000 m³/s, que corresponde a aproximadamente 12% do total de toda a vazão mundial (PEREIRA, 2004).

No entanto, a favorável realidade em termos nacionais esconde enormes desigualdades regionais. A Região Norte, por exemplo, é a maior tanto em questão territorial quanto em disponibilidade hídrica, mas possui a segunda menor população entre as regiões do país. Já a Região Nordeste, que conta com a segunda maior população, possui a menor disponibilidade. Tomaz (2010) conclui, portanto, que há um desequilíbrio entre oferta e demanda, como demonstra a Tabela 1. Na Região Sudeste, cuja população é a maior, existe o problema da poluição dos cursos d'água em virtude de despejos de atividades industriais e urbanas de forma irregular.

Tabela 1 - Regiões do Brasil com área em km² e população

Regiões do Brasil	Área (km²)	População (2010)	Porcentagem da população (%)
Norte	3.869.637	15.864.454	8,32%
Nordeste	1.561.177	53.081.950	27,83%
Sudeste	927.286	80.364.410	42,13%
Sul	577.214	27.386.891	14,36%
Centro-Oeste	1.612.077	14.058.094	7,37%
Total	8.547.391	190.755.799	100,00%

Fonte: Adaptado de TOMAZ, 2010 com dados do IBGE, 2010.

A baixa disponibilidade da água aliada à alta dependência que a humanidade possui requer a sua preservação, evitando-se tanto o gasto excessivo quanto a degradação. A Lei Federal de número 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos), classifica a água como um bem de domínio público, além de recurso limitado e dotado de valor econômico.

Além dos problemas devido à quantidade, a qualidade das águas também está se deteriorando em todo o planeta. O crescimento populacional e a industrialização aumentam a

poluição dos corpos d'água e das águas marítimas costeiras. A capacidade de autodepuração dos cursos hídricos, também pela falta de saneamento básico, em regiões densamente povoadas ou industrializadas vem se tornando insuficiente dada a crescente carga de poluentes lançadas. É bom lembrar que o corpo hídrico que recebe parte ou totalidade do efluente de uma cidade, devidamente ou não tratado, pode mais à frente servir como ponto de coleta de água para o abastecimento público de outra cidade, conforme ilustra o ciclo do saneamento na Figura 1.



Figura 1 - Ciclo da água no saneamento básico

Fonte: <<http://www.uniaguas.com.br/wp-content/uploads/2015/06/CicloAgua.png>>

Portanto se a quantidade de água do planeta não está diminuindo, por que se fala tanto na importância da sua economia? Porque o que ocorre, em suma, é que ainda é bem pequena a quantidade de tratamento adequado para que a água, uma vez utilizada, retorne aos corpos hídricos possuindo um padrão de qualidade minimamente aceitável para não afetar negativamente a natureza.

Na perspectiva brasileira, a grande questão é que a Lei do Saneamento Básico (Lei nº 11.445/07) prevê a universalização dos serviços de abastecimento de água e de tratamento de esgoto como um direito, e imputa ao Poder Público o provimento em sua integralidade. No entanto, os índices de atendimento de água e esgoto ainda se encontram bastante distantes da universalidade, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Níveis de atendimento com água e esgotos dos municípios cujos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2016, segundo região geográfica e Brasil.

Região	Índice de atendimento com rede (%)				Índice de tratamento de esgotos (%)	
	Água		Coleta de esgotos		Esgotos gerados	Esgotos coletados
	Total	Urbano	Total	Urbano	Total	Urbano
Norte	55,4	67,7	10,5	13,4	18,3	81
Nordeste	73,6	89,3	26,8	34,7	36,2	79,7
Sudeste	91,2	96,1	78,6	83,2	48,8	69
Sul	89,4	98,4	42,5	49	43,9	92,9
Centro-Oeste	89,7	97,7	51,5	56,7	52,6	92,1
Brasil	83,3	93	51,9	59,7	44,9	74,9

Fonte: Adaptado de SNIS (2016)

Vale ressaltar que a falta de saneamento adequado traz não apenas problemas sociais ao país, mas também ambientais, financeiros e de saúde, uma vez que é um fator importante na disseminação de doenças: as chamadas doenças de veiculação hídrica.

5.2. Tipos de reúso

A Organização Mundial da Saúde (1973) classifica o reúso de água da seguinte forma:

✓ **Reúso indireto:** ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes no uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrânea e reutilizada novamente à jusante, de forma diluída;

✓ **Reúso direto:** é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades (como irrigação e uso industrial), sem lançamento ou diluição prévia em corpos superficiais ou subterrâneos;

5.2.1. As cores das águas

Otterpohl (2001) classificou as águas residuárias da seguinte maneira:

✓ **Águas negras** (*blacwater*): efluentes provenientes dos vasos sanitários, como fezes e urina;

✓ **Águas cinzas** (*greywater*): águas servidas, excluindo as provenientes dos vasos sanitários;

✓ **Águas amarelas:** efluentes formando unicamente pela urina;

- ✓ **Águas marrons:** efluentes formados unicamente pelas fezes;

Henze & Ledin (2001) vai além e classifica as águas cinzas em duas categorias mais específicas:

- ✓ **Águas cinzas claras:** águas servidas provenientes do chuveiro, lavatório e máquina de lavar roupas;
- ✓ **Águas cinzas escuras:** efluentes oriundos, em sua maioria, da pia da cozinha e máquina de lavar pratos.

Ao contrário das águas pluviais, cujo volume produzido e armazenado depende diretamente do índice de precipitação pluviométrico da região, as águas cinzas apresentam vazões procedentes do uso de água potável, sendo de fácil coleta e produção quase constante ao longo dos dias (MAY, 2009).

A utilização das águas cinzas está ligada a fatores como a qualidade do afluente, o tratamento a ele aplicado, a qualidade e prioritariamente ao uso final que será dado ao efluente. Com um tratamento adequado em edificações, habitações populares ou prédios institucionais, que pode ser feito em diferentes níveis, é possível reaproveitar essa água. Normalmente, o reúso é destinado principalmente para irrigação, lavagem de pisos e descargas sanitárias.

5.3. Histórico sobre a coleta e reaproveitamento de águas cinzas

5.4. Sistemas de reúso de águas cinzas no mundo

5.4.1. Avlesbury – Inglaterra

May (2009 apud. Hill et al, 2003) descreve um sistema de uso e monitoramento de águas cinzas que foi implantado em cinco residências na cidade inglesa. Este sistema era composto por filtração e desinfecção.

No entanto, o acompanhamento do sistema detectou que a $DBO_{5,20}$ permaneceu relativamente alta – variando de 22 a 87 mg/L. Ocorreram, ainda, algumas falhas no sistema:

- Entupimento na tubulação de entrada do filtro;
- Falhas na bomba de recalque;
- Insuficiência na desinfecção.

5.4.2. Mallorca – Espanha

O sistema de reúso de águas cinzas implantado em um hotel na Ilha de Mallorca foram implantados os seguintes sistemas: sedimentação, filtração com tela de nylon e desinfecção com hipoclorito de sódio.

Após passagem pelo sistema de tratamento implantado, as águas cinzas apresentaram padrões de qualidade aceitáveis para o reúso não potável. Através do controle adequado das condições operacionais (período de armazenamento da água tratada no máximo por 48 horas e concentração de cloro residual ≥ 1 mg/L nas descargas dos vasos sanitários) foram obtidos resultados satisfatórios. Após o tratamento as águas cinzas apresentaram turbidez igual a 16,5 UNT e sólidos suspensos totais iguais a 18,6mg/L. A utilização de águas cinzas nos vasos sanitários foi bem aceita pelos hóspedes. (MAY, 2009 apud. MARCH, GUAL E OROZCO, 2004).

5.5. Sistemas de reúso de água cinza no Brasil

5.5.1. Vitória – Espírito Santo (UFES)

Bazzarella (2005) apresenta a edificação com reúso no Parque Experimental de Saneamento Básico da UFES. Foi implantado o sistema de monitoramento do consumo de água e da estação de tratamento de água cinza. A edificação contém duas salas de professores com banheiros individuais (possuem um vaso sanitário e um lavatório), e dois banheiros coletivos, que possuem dois vasos sanitários, dois lavatórios, um chuveiro e dois mictórios no banheiro masculino.

O projeto hidro-sanitário do prédio foi concebido de tal sorte a segregar as águas residuárias de acordo com a origem, utilizando tubulações diferentes e tratamentos diferentes, conforme Figura 2.

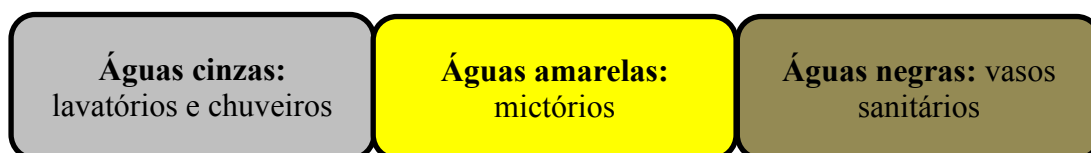


Figura 2 - Tipos e utilização das "águas".

A edificação contém, ainda, sistema duplo de abastecimento de água:

- Rede potável: abastecimento de lavatórios e chuveiros;
- Rede não potável (reúso): abastecimento de vasos sanitários e mictórios.

Os resultados da medição do consumo de água em cada aparelho são exibidos na Figura 3 e demonstram que todos os vasos sanitários, mictórios e chuveiros consumiram, em média, volumes de 79, 2 e 40 L/dia, respectivamente. A utilização dos lavatórios consumiu cerca de 40 L/dia, mas com a utilização da máquina de lavar a produção subiu para 85 L/dia.

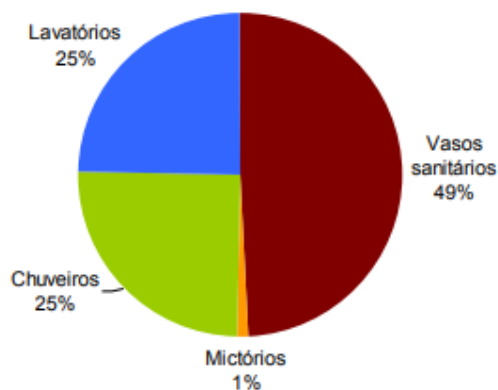


Figura 3 - Distribuição do consumo de água por tipo de aparelho sanitário.
Fonte: Extraído de Bazzarella (2005)

Bazzarella (2005) percebeu que os consumos de água dos vasos sanitários e mictórios ficaram em pelo menos até 50% do consumo total, mostrando que a água de reúso atendeu à demanda desses aparelhos, na maior parte do tempo.

Pela análise do gráfico extraído da pesquisa de Bazzarella (Figura 4), percebe-se que há equilíbrio entre a produção e demanda de água cinza. Portanto a água cinza produzida nos lavatórios e chuveiros atenderia eficientemente à demanda de vasos sanitários e mictórios, na maior parte do tempo. No entanto, em nossa hipótese, a implementação de sistema de utilização da água cinza nos vasos sanitários e mictórios se tornaria inviável, pois, sem a presença de chuveiros, há uma perda de produção de água cinza estimada em 50%, levando-se em consideração os números obtidos por Bazzarella.

Análise diária

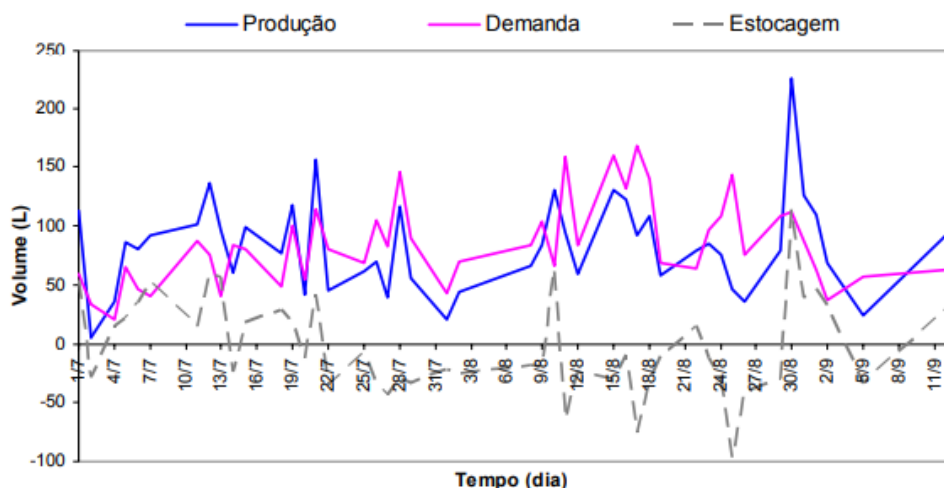


Figura 4 - Produção x demanda diária de água cinza.
Fonte: Extraído de Bazzarella (2005)

Pelo monitoramento do consumo de água observou-se a presença de déficit de água de reúso em 27 dos 44 dias monitorados, conforme exibe a Figura 5. A produção e demanda acumulada de água cinza apresentou um déficit acumulado, ao final do monitoramento, de 262 litros de água de reúso.

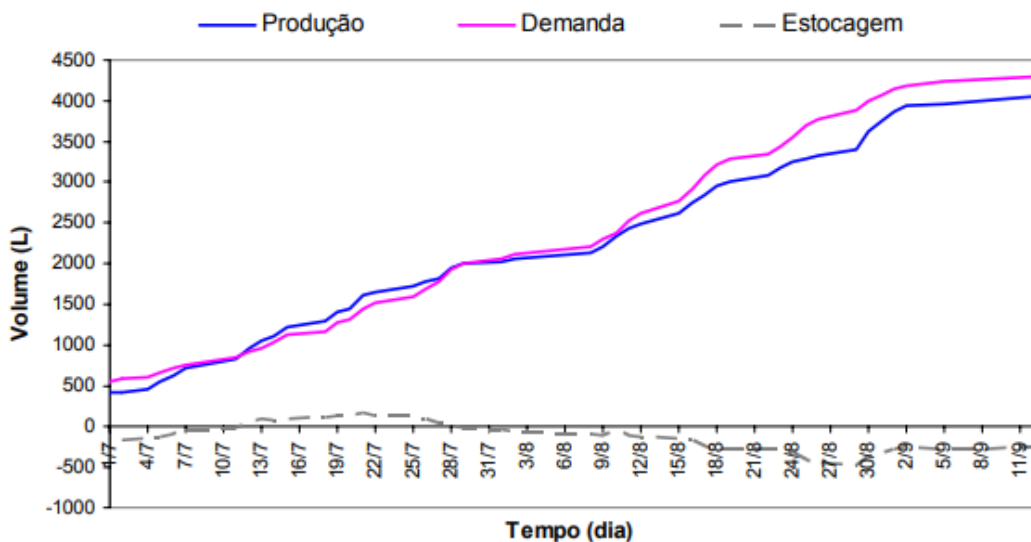


Figura 5 - Produção x demanda diária acumulada de água cinza.
Fonte: Extraído de Bazzarella (2005)

5.5.1.1. Sistema de tratamento: ETE-UFES

O efluente gerado pela utilização de lavatórios e chuveiros é encaminhado para a estação de tratamento através de uma estação elevatória de água cinza bruta. Na estação, as águas cinzas passam pelas seguintes etapas na ordem que apresenta a Figura 6.

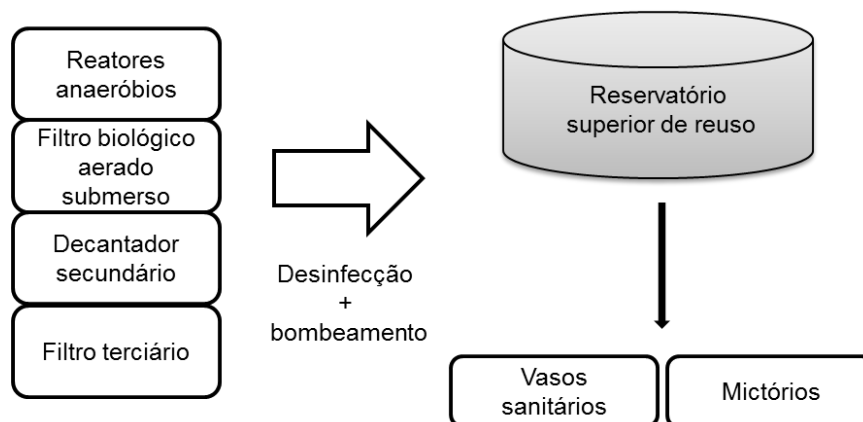


Figura 6 - Funcionamento do sistema de tratamento (ETE-UFES).
Fonte: Acervo do autor

Três reatores anaeróbios compartimentados em série (RAC), filtro biológico aerado submerso (FBAS), decantador secundário (DEC) e filtro terciário (FT). Após essas etapas o efluente é bombeado pela elevatória de água cinza tratada, durante esse processo ocorre, ainda, o processo de desinfecção por cloro, para o reservatório superior de reúso, de onde é distribuído, por gravidade, para vasos sanitários e mictórios. A lavagem do filtro terciário é feita com a própria água cinza de reúso armazenada no reservatório superior de reúso. O lodo que se acumula ao fundo do decantador secundário e a água de lavagem do filtro terciário são direcionados para a elevatória de água bruta. A Figura 7 exhibe as formas de tratamento recebidas pelo efluente conforme a descrição supracitada, começando da esquerda para direita.



Figura 7 - Vista superior da ETAC da UFES.
Fonte: Extraído de Bazzarella (2005)

Bazzarella (2005) observou que, quanto à eficiência, a maior remoção de compostos da água cinza bruta ocorreu no tratamento biológico – composto por reatores anaeróbios e pelo filtro biológico. O reator anaeróbio removeu boa parte dos sólidos e matéria orgânica presente sem consumos energéticos. Além disso, o reator produziu pouco lodo com uma operação simples.

Já no filtro biológico foi necessário haver aeração constante, e, portanto, consumo de energia. A colocação do tratamento aeróbio complementou bem a remoção de turbidez, cor e matéria orgânica, e em menor escala a remoção de sólidos suspensos totais da água cinza bruta remanescente do reator anaeróbio, chegando a níveis de concentração de alguns parâmetros, que atendem às normas e padrões. Além disso, o efluente tratado pelo filtro biológico aerado ficou totalmente desprovido de odor. Foi necessário, ainda, descartar periodicamente o lodo que se acumulou no decantador, o que implica em acompanhamento diário humano.

Já o filtro terciário não contribuiu para o aumento da eficiência de remoção dos parâmetros nem de remoção de microrganismos. Além disso, a necessidade de lavagens periódicas implica que o tratamento terciário pode ser eliminado no sistema de reúso adotado.

Constatou-se que a etapa de desinfecção é extremamente importante, pois contribui com eficiência a remoção de *Escherichia coli* e coliformes totais, tornando o efluente adequado para reúso. Além disso, o cloro remove o odor e a cor que permanecem pós-tratamentos, constatados principalmente quando armazenado em grandes volumes. A Figura 8 exhibe as aparências da água cinza após cada uma das etapas de tratamento.

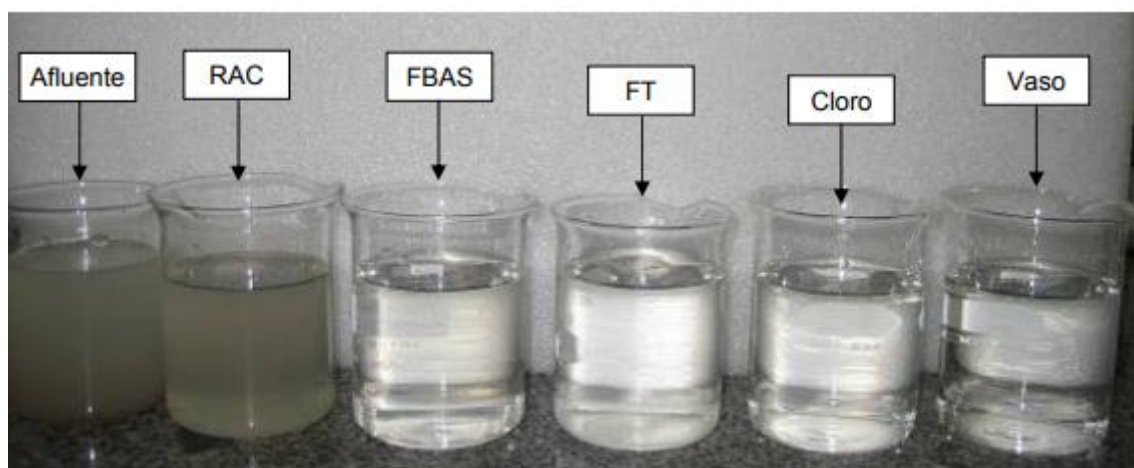


Figura 8 - Amostras coletadas em cada etapa de tratamento e no vaso sanitário.
Fonte: Extraído de Bazzarella (2005)

5.6. Legislações e normas técnicas brasileiras sobre o reaproveitamento de águas cinzas

O Brasil ainda não possui norma técnica específica para os sistemas de reúso de água, sendo que geralmente são adotados padrões referenciais internacionais. Talvez este fator dificulte a inserção desta prática no país, uma vez que a falta de legislações e normas técnicas são um desincentivo aos profissionais, à medida que a utilização de um sistema mal concebido poderia desencadear riscos à saúde dos usuários.

A ABNT NBR 13.969/97 classifica as águas de reúso de acordo com suas utilizações prioritárias conforme demonstra o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação das águas de reúso e exemplos de utilização

Classe	Usos prioritários
1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelos operados, incluindo chafarizes.
2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.
3	Reúso nas descargas dos vasos sanitários.
4	Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Fonte: ABNT NBR 13.969/97

A presente norma ainda estabelece alguns critérios de qualidade da água de reúso de acordo com utilizações exemplificadas, como demonstrado pelo Quadro 3.

Quadro 2 - Parâmetros de qualidade de água de reúso - NBR 13.969/97

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Turbidez (uT)	< 5	< 5	< 5	< 5
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	< 200	< 500	< 500	< 500
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	< 200	-	-	-
pH	entre 6,0 e 8,0	-	-	-
Cloro residual (mg/L)	entre 0,5 e 1,5	> 0,5	-	-
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	2

Fonte: ABNT NBR 13.969/97

O governo do estado de São Paulo, que recorrentemente tem sua Região Metropolitana atingida por grandes estiagens e índices de precipitação pluviométrica abaixo da média, instituiu medidas para reduzir o consumo e racionalizar o uso de água no estado com a publicação do Decreto nº 48.138, de 7 de outubro de 2003. Foi proposta a utilização de águas de reúso (águas cinzas e águas pluviais) para a limpeza de ruas, praças, calçadas, pisos frios e áreas de lazer à medida que a utilização de água potável para os seguintes fins foi proibida.

Nos anos seguintes diversos municípios como Curitiba, Vitória, Cuiabá, Florianópolis, Niterói e Juiz de Fora, e estados como a Paraíba, instituíram legislações que incentivam o reúso de água, mas que não definem parâmetros de qualidade. Dessa forma, então, definem como parâmetros de qualidade os apresentados pela ABNT NBR 13.969/97.

5.7. Consumo de água

O uso da água refere-se ao ato de retirá-la do ambiente para suprir as necessidades humanas, ou seja, uma parte do que é aproveitado volta para o ambiente. Já o consumo da água se refere à parcela que não retorna direto ao meio ambiente, como a água de irrigação (GOELLNER, 2018). Anualmente a agricultura é responsável por 69% do uso e 87% do consumo total de água no mundo. Em termos globais, a indústria usa 23% e consome 4% da água aproveitada.

O uso excessivo pode desencadear a diminuição do volume ou o esgotamento dos aquíferos subterrâneos, sendo que grande parte da população mundial depende destas fontes de abastecimento. Independentemente do motivo do mau uso, poluição ou consumo excessivo, a diminuição dos estoques de água afeta todo o ecossistema e o homem sofre diretamente as consequências de sua própria atitude em todas suas atividades que demandem água e sua saúde (GOELLNER, 2018).

Tomaz (2010) subdivide o consumo em áreas urbanas em três categorias:

✓ **Consumo residencial:** compreende residências unifamiliares e edifícios multifamiliares;

✓ **Consumo comercial:** compreende hospitais e serviços de saúde, hotéis, lavanderias, autoposto e lava a jatos, clubes esportivos, restaurantes, lanchonetes, bares e lojas;

✓ **Consumo público:** compreende edifícios públicos, escolas, cadeia pública, parques infantis, e todos os edifícios municipais, estaduais e federais existentes.

5.8. Consumo de água residencial

O volume de água consumida em uma cidade varia com o tempo e pode variar também entre distritos. Nos dias quentes ele aumenta e nos dias chuvosos reduz consideravelmente. O consumo depende de inúmeros fatores, dentre os quais se destacam: clima, padrão de vida, hábitos, características das instalações prediais, tarifa exercida, modo de fornecimento (serviço medido ou não), qualidade da água, pressão no sistema distribuidor, existência ou não de esgotamento sanitário, perdas e desperdícios, dentre outros (MELO E AZEVEDO NETTO, 2004).

O consumo de água, quaisquer que sejam seus propósitos (residencial ou não), é bastante variável e utilizado para as mais diversas utilidades. O engenheiro necessita, entretanto, de dados para as suas avaliações e projeções, recorrendo, por isso, à observação e aos procedimentos da estatística (MELO E AZEVEDO NETTO, 2004). Estima-se um consumo médio de água nas residências de 200L/hab/dia, ocorrendo variações significativas, podendo ir de 50 L/hab/dia a 600 L/hab/dia (TSUTIYA, 2005).

O consumo de água residencial compreende dois tipos de utilização:

- ✓ **Uso interno:** inclui principalmente atividades de limpeza e higiene;
- ✓ **Uso externo:** inclui lavagem de veículos, irrigação, piscinas, dentre outros.

Estimativas internacionais relativas a consumo interno em residências demonstram que o vaso sanitário é o aparelho que consome o maior volume de água. A Tabela 3 apresenta a estimativa de consumo residencial para os EUA.

Tabela 3 - Estimativa de consumo residencial nos EUA

Consumo interno em uma residência	Porcentagem de consumo (%)
Vaso sanitário	35%
Lavagem de roupa	22%
Chuveiros	18%
Torneiras	13%
Banheiras	10%
Lavagem de pratos	2%
Total	100%

Fonte: Brow (1986); Caldwell (1986) apud. Tomaz (2000)

A Tabela 4 apresenta algumas pesquisas que fizeram a estimativa do consumo de água em edificações. A primeira, realizada pela empresa do ramo de peças e aparelhos sanitários Deca, simula o consumo de água de uma residência de classe média brasileira. A segunda, realizada pela Universidade de São Paulo (USP) em parceria com a Deca, fez um estudo em um prédio da própria universidade. A terceira, realizada pelo Programa Nacional de Combate

ao Desperdício de Água (PNCDA), fez a estimativa de consumo de água para um apartamento localizado em um conjunto residencial para população de baixa renda.

Tabela 4 - Estimativa de consumo residencial de água potável no Brasil

Consumo residencial de água potável	Pesquisa realizada pela Deca	Pesquisa realizada pela USP	Pesquisa realizada pela PNCDA
Vaso sanitário	14,00%	29%	5%
Chuveiro	46,70%	28%	54%
Lavatório	11,70%	6%	7%
Pia de cozinha	14,60%	17%	17%
Tanque	4,90%	6%	10%
Máquina de lavar louças	8,10%	5%	4%
Máquina de lavar roupas	-	9%	3%
Total	100%	100%	100%

Fonte I - DECA. Uso Racional da Água.

Fonte II - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP. Programa de Uso Racional da Água - PURA. 1999.

Fonte III - Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT / PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. Caracterização e monitoramento do consumo predial de água.

5.9. Quantificação da produção e demanda de águas cinzas

No Brasil não há registros de pesquisas sobre duração de uso e frequência de utilização dos aparelhos sanitários, só estimativas. Tomaz (2010) elaborou uma tabela que apresenta os parâmetros de engenharia utilizados nos Estados Unidos para o consumo de água nas residências. A Tabela 5 apresenta os valores mínimos, máximos e uma média aproximada no consumo geral para a utilização interna.

Tabela 5 - Parâmetros de engenharia para estimativas de demanda residencial de água (uso interno)

Utilização	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m ³ /pessoa/mês	3	5	4
Número de pessoas	Pessoa	2	5	3,5
Descarga da bacia	descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	litros/descarga	6,8	18	9
Vazamentos das bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Frequência do banho	banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	Minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	litros/segundo	0,08	0,3	0,15

Uso da banheira	banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1
Volume de água	litros/banho	113	189	113
Máquina de lavar pratos	carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	litro/carga	18	70	18
Máquina de lavar roupas	carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	litro/carga	108	189	108
Torneira da cozinha	minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Torneira de banho	minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	litros/segundo	0,126	0,189	0,15

Fonte: Tomaz (2010)

Podemos simplificar a quantificação do volume gasto na Equação 1:

$$V_{demanda} = \sum_{i=0}^n P \times f_{util} \times V_{aparelho} \times D \quad (\text{Equação 1})$$

$V_{demanda}$ = volume demandado de água cinza (litros);

P = pessoas (pessoas);

f_{util} = frequência de utilização (quantidade/pessoa/dia);

V = volume (litros/utilização);

D = desperdício ou vazamentos (litros/utilização);

A grande questão para a viabilidade da implantação de reutilização é o balanço entre o volume gerado e a demanda a ser atendida. Surendran e Wheatley (1998) apud. Jefferson et al (1999) demonstraram que o volume gerado de águas cinzas e o volume requerido pelas descargas dos vasos sanitários, diariamente, são próximos. No entanto, as águas cinzas são produzidas num curto período, já a utilização das águas cinzas para as descargas do vaso sanitário ocorrem de forma distribuída ao longo do dia.

Diferentemente da água pluvial, cuja oferta depende de fatores climáticos, a produção de águas cinzas é proporcional ao consumo de água potável. Por outro lado, enquanto houver consumo de instalações hidrossanitárias, haverá produção de águas cinzas. Por esse motivo, em termos quantitativos, a sua utilização geralmente não comporta riscos de falta de água de reúso para utilizações não potáveis. O que pode ocorrer é um atraso temporal entre a demanda e a oferta, que pode ser minimizado pela adição de um reservatório.

As águas cinzas podem ser utilizadas para diversos fins, tanto para utilização interna quanto para a externa em uma residência. Entretanto, a forma de utilização final da água determina o tipo e a forma de tratamento necessária.

O estudo desenvolvido por Bazzarella (2005) na Universidade Federal do Espírito Santo adaptou os valores estimados a partir de dados americanos e europeus demonstrados por Tomaz (2000) para a realidade brasileira. Os valores adaptados para a nossa realidade serão utilizados no presente trabalho, devido à similaridade que há, uma vez que o trabalho de Bazzarella também foi desenvolvido em ambiente institucional universitário.

A temperatura ambiente também pode ser um fator diferencial na produção das águas cinzas, pois nos locais mais quentes as pessoas tendem a tomar mais banhos, ou ainda, os banhos terem uma maior duração. Outra consequência disso é a degradação dos compostos químicos e biológicos nos reservatórios de acumulação que tende a ser mais rápida.

Quando a oferta de água cinza for superior à demanda, o potencial de economia de água potável com a utilização de água cinza é considerado igual à demanda. Em caso de a demanda ser maior que a oferta, considera-se que o potencial de economia de água potável é igual à oferta. Nesses casos, Ribeiro (2015) aconselha considerar o volume máximo a ser reutilizado igual à produção média de água cinza calculada durante os meses do ano.

5.10. Componentes do sistema de captação de águas cinzas

5.10.1. Coletores

May (2009) classifica os coletores como sistema de condutores horizontais e verticais que carregam os efluentes oriundos dos lavatórios, chuveiros e máquina de lavar roupas ao sistema de armazenamento, onde haverá o tratamento projetado.

As águas cinzas são compostas em sua maior parte, geralmente, de sabão e outros produtos utilizados para higiene e limpeza do corpo, roupas e limpeza em geral (JEFFERSON et al, 1999). As características das águas cinzas variam de acordo com a seu ponto de amostragem, por exemplo, águas oriundas do lavatório, do chuveiro, ou ainda da máquina de lavar roupas apresentam concentrações diferentes (MAY, 2009).

O sistema de coleta de água cinza bruta deve obedecer às recomendações da norma NBR 8.160/99, que define exigências e recomendações referentes ao projeto, execução e manutenção dos sistemas de esgoto.

O dimensionamento dos componentes do sistema de coleta (água cinza bruta) deve ser realizado pelo método hidráulico ou pelo método das Unidades Hunter de Contribuição (UHC).

5.10.2. Armazenamento

O armazenamento é um elemento imprescindível em todos os sistemas de reúso de água cinza, sendo necessário em algum ponto antes do tratamento ou depois dele (BAZZARELLA, 2005). É composto por reservatórios de acumulações com o intuito de armazenar os efluentes recém-saídos dos pontos de coleta.

Uma das vantagens de se estocar a água cinza antes do tratamento é que existe a possibilidade de alguns sólidos primários ficarem retidos antes de chegarem ao tratamento. No entanto, o ônus do armazenamento é que há enorme possibilidade de gerar maus odores e até crescimento de microrganismos (ou micro-organismos). Como forma de reduzir esses problemas, aconselha-se que o tempo de estocagem das águas cinzas antes do tratamento seja o menor possível (DIXON ET AL, 1999).

A água cinza armazenada na forma bruta passa por significativas mudanças na sua qualidade.

- Sedimentação de partículas suspensas;
- Depleção do oxigênio dissolvido, dominantes nas primeiras horas de estocagem;
- Reaeração do oxigênio dissolvido na superfície da água (devido à variação de temperatura) e;
- Liberação da DQO solúvel devido à degradação anaeróbia do material particulado sedimentado.

A presença de compostos orgânicos de rápida degradação nas águas cinzas explica o fato de que, quando armazenada sem tratamento, decompõe-se de forma aeróbia rapidamente (com o consumo de oxigênio), e se torna anaeróbia. Nesse estágio séptico, a água cinza forma um lodo. A água cinza séptica pode então exalar mau odor tal qual as águas negras, podendo conter também bactérias anaeróbias patogênicas ao ser humano. Por fim, o sucesso dos tratamentos da água cinza está relacionado à utilização de processos que as tratem adequadamente num período suficiente para que não se tornem anaeróbias (BAZZARELLA, 2005).

5.10.3. Tratamento

A estação de tratamento depende da qualidade da água cinza coletada e da sua utilização final. A escolha do processo de tratamento das águas cinza é extremamente

importante para o sucesso do sistema, sendo a tomada de decisão, por isso, bem fundamentada e criteriosa em função do efluente recolhido (MAY, 2009).

A análise das características da água cinza e os parâmetros de qualidade requeridos para a sua aplicação definem o tipo de tratamento a ser adotado. Devido à grande variabilidade que os efluentes podem apresentar dependendo da sua origem, e das finalidades a que podem ser utilizados, como já foi citado, existem inúmeros sistemas e sequências de processos possíveis de implantação.

A NBR 13.969/97 recomenda possíveis sistemas de tratamento para as águas de reúso que satisfazem os parâmetros de qualidade exigidos. Para a lavagem de pisos e calçadas ou irrigação de jardins (classe 2), a norma fala que é satisfatória a utilização de um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou lodo ativado) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, posteriormente, cloração. Já para reúso nas descargas dos vasos sanitários (classe 3), cujo uso requer padrões de qualidade inferiores à classe 2, é satisfatório um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção.

Para a reutilização de água em ambiente doméstico, onde a implantação de uma estação de tratamento de água cinza poderia ser um desincentivo aos usuários, dado o custo de sua implantação. Nesse sentido, é interessante comentar que a NBR 13.969/97 diz que a utilização da água de enxágue das máquinas de lavar roupa em vasos sanitários apenas com uma cloração geralmente satisfaz os padrões de exigência requeridos.

Após o tratamento a água cinza deve se apresentar sem forte odor, sem turbidez e estar isenta de microrganismos que possam ameaçar a saúde humana. A água cinza também deve estar livre de substâncias que possam danificar os vasos sanitários ou manchar superfícies de louças ou pisos.

5.10.4. Distribuição

O sistema de distribuição de água cinza tratada deve observar as recomendações da NBR 5.626/98, que define as recomendações e exigências para a execução do projeto, execução e manutenção de instalações prediais de água fria.

O Anexo A da norma 5.626/98 apresenta o procedimento utilizado para o dimensionamento das tubulações prediais de água fria, inclusive apresentando uma tabela que serve como modelo e facilita os cálculos. A rotina apresentada no anexo exhibe os seguintes passos:

- ✓ Identificação da demanda provável;
- ✓ Somatório dos pesos que cada trecho atende;
- ✓ Obtenção da vazão estimada (através dos pesos);
- ✓ Escolha do diâmetro da tubulação;
- ✓ Cálculo da velocidade da água;
- ✓ Cálculo da perda de carga;
- ✓ Obtenção e avaliação da pressão disponível;
- ✓ Definição dos comprimentos reais e equivalentes;
- ✓ Cálculo da perda de carga total;
- ✓ Verificação das pressões dinâmicas disponíveis nos pontos de utilização.

É importante, no preenchimento da planilha modelo contida no anexo, verificar as diferenças de cota, atribuindo sinal positivo para os trechos decrescentes (portanto há “ganho” de pressão) e sinal negativo para os trechos ascendentes (portanto há “perda” de pressão).

6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia adotada no seguinte trabalho foi dividida em dois estágios. No primeiro foi feita revisão bibliográfica baseada em livros, dissertações, teses, artigos, revistas, periódicos e publicações. No segundo foi realizado um estudo de caso.

6.1. Localização e descrição da área de estudo

O local escolhido para a realização da pesquisa foi o Campus Palmas do Instituto Federal do Tocantins (Figura 9), localizado na Quadra 310 Sul Avenida LO 5, nas dependências dos blocos de sala de aula de número 16 e 17. A função prioritária dos blocos é de atividades educacionais, contendo, cada bloco, oito salas de aula. Por se tratar de edificações dentro de uma instituição de ensino, o horário de funcionamento do prédio é conforme o período dos horários. Em geral, esse horário é de 7:30 às 22:40.

Cada bloco possui um ambiente de vivência e dois banheiros no térreo; e oito salas de aula, dois banheiros e duas salas de apoio no primeiro pavimento. Totaliza-se, então, dezesseis salas de aula, quatro salas de apoio e oito banheiros. O estudo descreveu o desenvolvimento de um projeto proposto a fim de minimizar impactos ambientais através da reutilização de águas cinzas claras para limpeza de piso e irrigação de jardins.



Figura 9 - Vista superior do Instituto Federal Campus Palmas
Fonte: Google Earth

Cada bloco possui ainda quatro banheiros e duas salas de apoio. Ao total tem-se então, dezesseis salas de aula, quatro salas de apoio, oito banheiros e quatro banheiros para portadores de necessidades especiais. A área construída total dos blocos é de 7713,3m², igualmente dividida entre cada, sendo essa área distribuída em dois pavimentos. Os banheiros possuem três vasos sanitários e três lavatórios. O banheiro masculino possui ainda três mictórios. A quantidade total de aparelhos sanitários é demonstrada pela Tabela 6.

Tabela 6 - Quantitativo de aparelhos no bloco

Aparelho	Quantidade
Lavatórios	28
Vasos sanitários	28
Mictórios	12

A Figura 10 exibe o projeto hidro-sanitário inicial dos blocos 16 e 17, onde pode-se perceber que a sua concepção não contemplou a segregação entre as águas cinzas, águas negras (provenientes dos vasos sanitários) e águas amarelas (provenientes dos mictórios) de forma a permitir a reutilização das águas cinzas. Lavatórios, chuveiros, vasos sanitários e

mictórios são abastecidos pela água potável que fica armazenada no reservatório superior de água potável.

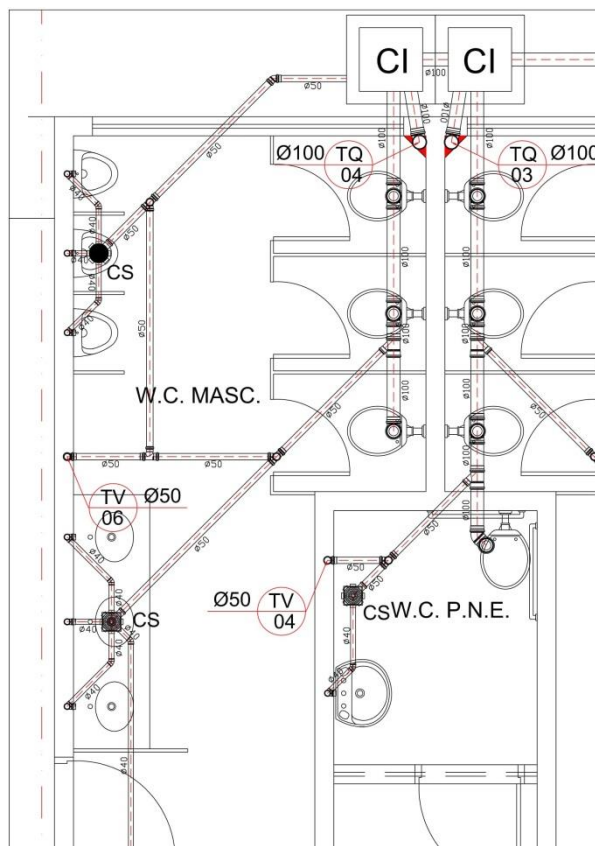


Figura 10 - Recorte do projeto sanitário dos banheiros (blocos 16 e 17)
Fonte: Reitoria do IFTO

6.2. Estimativa de volume de água cinza produzido diariamente

A metodologia para o cálculo da quantidade de água cinza produzida previa a estimativa de determinada quantidade de discentes por sala de aula nos três turnos de funcionamento dos blocos estudados. No entanto, durante a produção desta pesquisa o trabalho de um discente da mesma instituição obteve a quantidade de discentes e o consumo de água total ao dia.

Miranda (2019) realizou uma contagem manual de pessoas (incluindo discentes, docentes, servidores técnicos-administrativos, servidores terceirizados e população flutuante) nos turnos matutino (das 8h às 10h), vespertino (das 14h às 17h) e noturno (das 19h às 21h) nos blocos em estudo deste projeto. Todos os dados de Miranda (2019) foram registrados na quarta-feira, dia em que ocorre a lavagem completa dos blocos durante a semana. A obtenção dos dados do dia de maior utilização é imprescindível para o cálculo da estação de tratamento

de água cinza, uma vez que é o dia de maior consumo de água, e, portanto, constitui a situação em que a estação de tratamento de água cinza estará sob maior exigência.

A metodologia para a obtenção do consumo total de água em um dia consistiu em fazer uma leitura no dia anterior e outra no dia posterior à contagem da quantidade de pessoas no hidrômetro do bloco entre as 6h e 6h15 (horário em que os blocos ainda não estão em pleno funcionamento). Além disso, sabendo-se a quantidade total de alunos nos três turnos do dia e a quantidade total de água consumida seria possível obter o índice médio de consumo per capita.

No entanto, é importante ressaltar que de acordo com o percentual exibido na Figura 3, a produção de água cinza corresponde a somente uma parte do consumo total de água. A Tabela 7 sintetiza as informações apresentadas na Figura 3.

Tabela 7 - Consumo de água cinza

Aparelho	Consumo (L/dia)	Frequência relativa
Vaso sanitários	79	49%
Mictórios	2	1%
Lavatórios	40	25%
Chuveiros	40	25%
Total	161	-

Fonte: Adaptado de Bazzarella (2005)

É importante ainda lembrar que neste trabalho, quando comparado à pesquisa de Bazzarella (2005), há uma perda de 50% na produção de água cinza, ocasionada pela ausência de chuveiros nos blocos em estudo. Dessa forma, a produção de água cinza diminui para aproximadamente um terço do consumo total de água utilizando-se consumos e frequências do trabalho de Bazzarella (2005), conforme sintetizado na Tabela 8.

Tabela 8 - Consumo de água cinza sem chuveiro

Aparelho	Consumo (L/dia)	Frequência relativa
Vaso sanitários	79	65%
Mictórios	2	2%
Lavatórios	40	33%
Total	121	-

Fonte: Adaptado de Bazzarella (2005)

As informações obtidas por Miranda (2019) estão resumidas na tabela abaixo, com exceção da última linha. Os valores obtidos na última linha da tabela foram obtidos através da Equação 2.

$$Prod_{ac} = 0,33 \cdot C_{total} \cdot C_r \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

C_r = coeficiente de retorno do esgoto, conforme ABNT NBR 9.649/86;

C_{total} = Consumo total de água (L/dia).

6.3. Representação gráfica do sistema de distribuição de água cinza

Após as etapas de dimensionamento dos componentes do sistema de distribuição de água cinza, foi realizada a representação gráfica dos componentes dimensionados, com a devida especificação. Além disso, o projeto foi compatibilizado para o atendimento do projeto de captação, armazenamento e distribuição de água cinza com os demais projetos.

6.3.1. Dimensionamento dos tubos de queda

TQ1 – Água cinza

Aparelho	Quantidade	UHC	Total
Lavatório	4	2	8
Bebedouro	1	0,5	0,5
Total			8,5

TQ2 – Água marrom e amarela

Aparelho	Quantidade	UHC	Total
Mictório	3	6	18
Vaso sanitário	3	6	18
Total			36

TQ3 – Água marrom

Aparelho	Quantidade	UHC	Total
Vaso sanitário	4	6	24
Total			24

TQ4 – Água cinza

Aparelho	Quantidade	UHC	Total
Lavatório	3	2	6
Bebedouro	1	0,5	0,5
Total			6,5

Nos banheiros superiores, o sistema outrora unitário não promovia a segregação entre as águas cinzas, amarelas e marrons. No entanto, foi adaptado inserindo-se uma tubulação que conduzisse somente as águas cinzas. As águas amarelas e marrons, respectivamente dos mictórios e vasos sanitários, continuaram sendo conduzidas juntas à rede de esgoto. De acordo com a NBR 8.160/1999, para os tubos de queda com somatório do número máximo de Unidades de Hunter de Contribuição que sejam até 10 para prédios de até três pavimentos o diâmetro nominal de 50 mm é suficiente. Assim, foi utilizado este diâmetro para os tubos de queda TQ1 e TQ4, que foram inseridos no sistema para a canalização das águas cinzas. Os tubos de queda pré-existent (TQ2 e TQ3) seguem com o diâmetro de 100 mm, uma vez que este é o diâmetro mínimo para os ramais de esgoto que derivam do vaso sanitário.

A Figura 11 demonstra que nos banheiros térreos houve adaptação para a segregação da água cinza das águas amarelas e marrons.

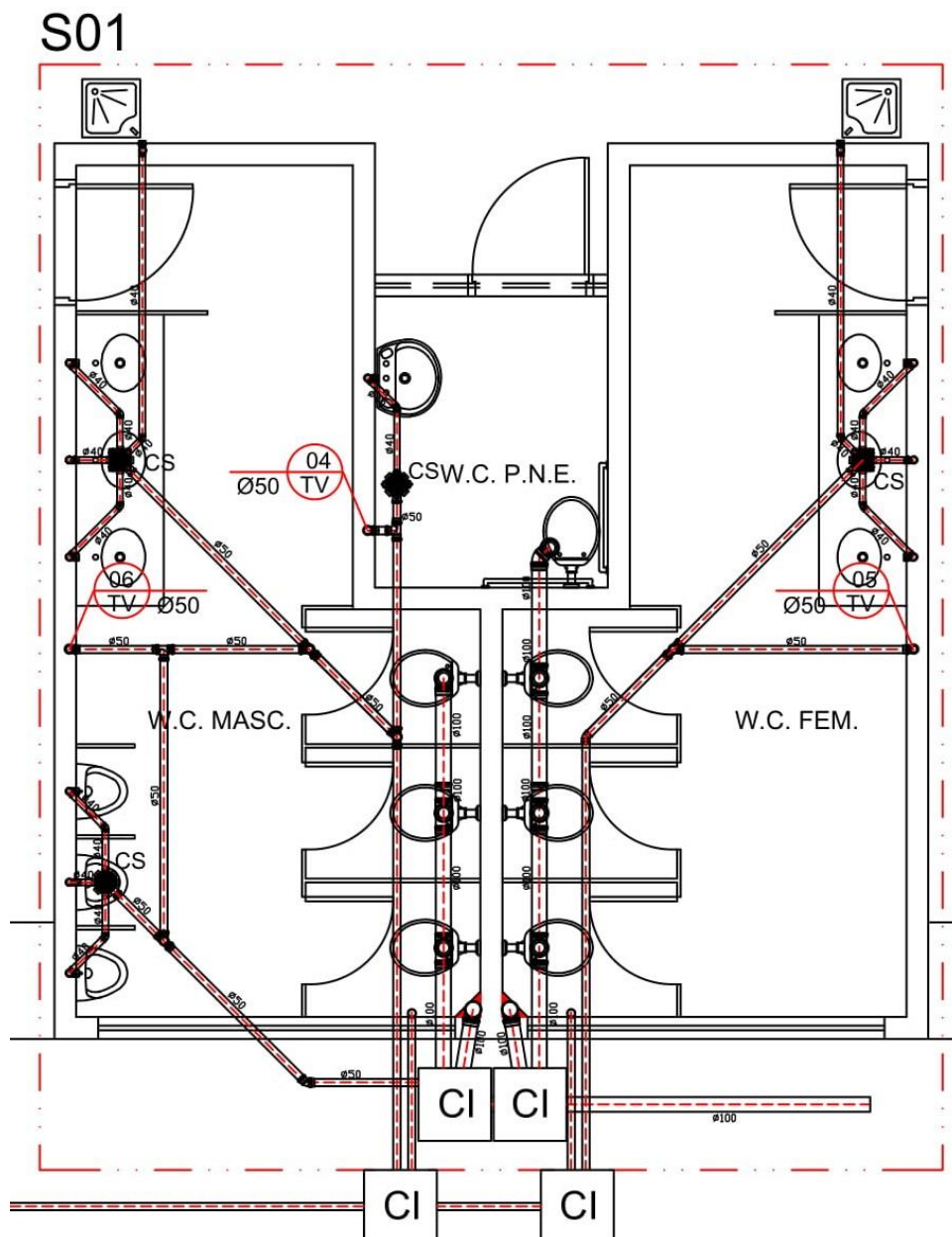


Figura 11 - Representação dos banheiros térreos para a segregação das águas cinzas.
Fonte: Autor (2019).

A Figura 12 mostra que nos banheiros superiores também houve adaptação para a segregação da água cinza das águas amarelas e marrons. Os somatórios das Unidades de Hunter de Contribuição para a água cinza dos banheiros térreos são demonstrados após a representação gráfica.

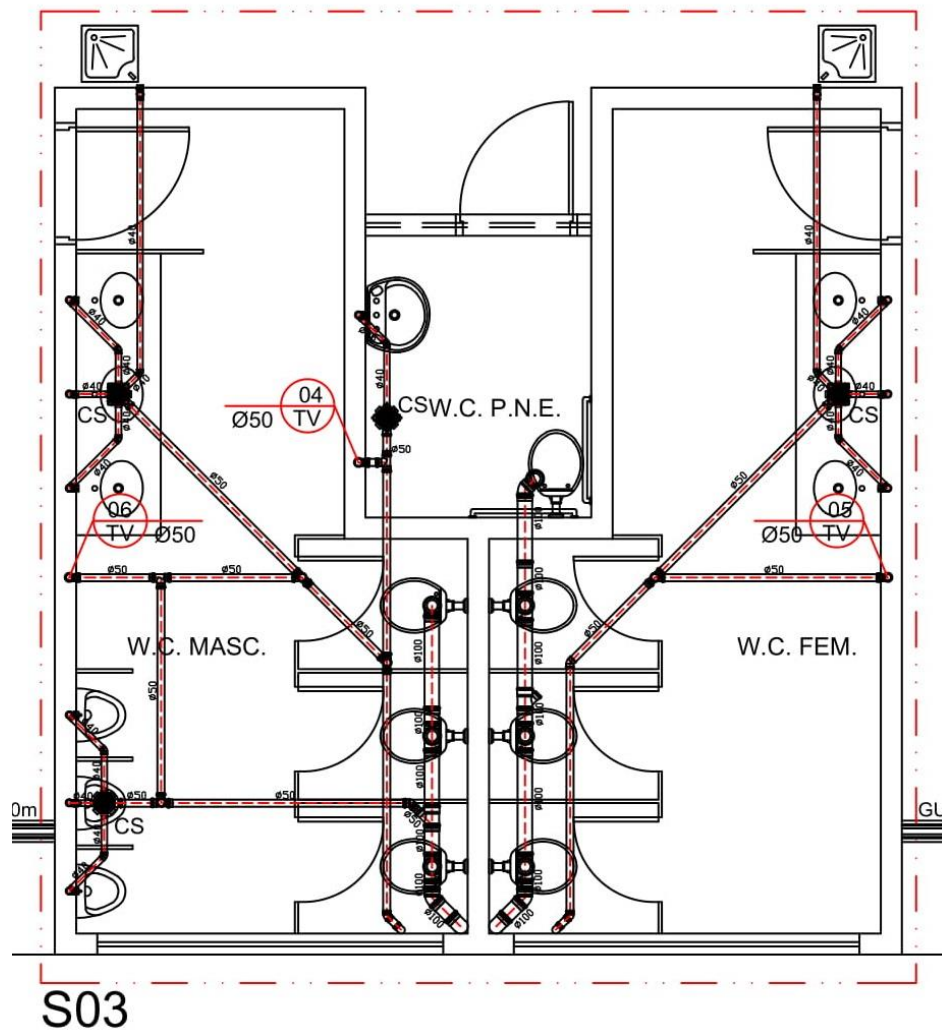


Figura 12 - Representação dos banheiros superiores para a segregação das águas cinzas
Fonte: Autor (2019)

Banheiro masculino			
Aparelho	Quantidade	UHC	Total
Lavatório	4	2	8
Bebedouro	1	0,5	0,5
Total			8,5

Banheiro feminino			
Aparelho	Quantidade	UHC	Total
Lavatório	3	2	6
Bebedouro	1	0,5	0,5
Total			6,5

De acordo com a NBR 8.160/99, para os somatórios de Unidades de Hunter de Contribuição dos banheiros térreos é necessária a inclinação de 0,5% tanto nos coletores, quanto nos subcoletores da rede de esgoto após a passagem pelas caixas de inspeção.

6.4. Caracterização qualitativa das águas cinzas obtidas na pesquisa

As amostras foram recolhidas nos banheiros dos blocos, colocando-se um balde plástico abaixo dos lavatórios, já que o recolhimento em ponto posterior ocasionaria a mistura da água cinza com águas amarelas e negras (Figura 12). As amostras de águas cinzas foram coletadas em frascos (de polipropileno de alta densidade) previamente esterilizados em autoclave. As análises bacteriológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia e as análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Físico-Química, ambos no Instituto Federal Campus Palmas.

Foram coletadas três amostras durante março e abril de 2019. Para a realização da pesquisa foram consideradas amostras de águas cinzas claras oriundas do lavatório. A Figura 13 mostra o recipiente utilizado como reservatório de acumulação da água cinza. Os parâmetros físico-químicos analisados foram: pH, turbidez, alcalinidade, cloreto, DQO, sólidos suspensos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis. Os parâmetros biológicos analisados foram: coliformes totais e coliformes fecais. Avaliou-se a densidade de *E. coli* como indicador do potencial de contaminação por patógenos. As metodologias utilizadas em cada análise estão referenciadas no Apêndice A.

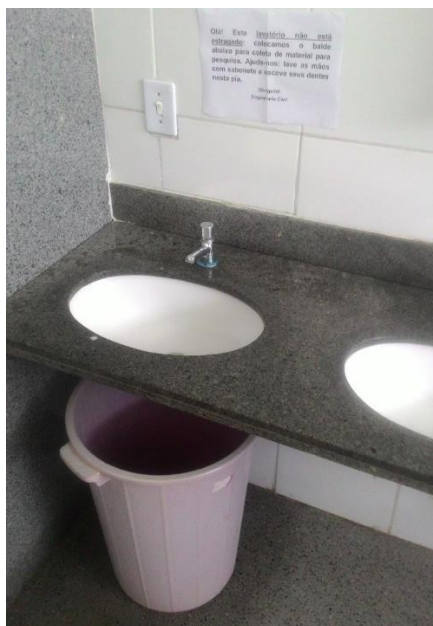


Figura 13 - Local de coleta das amostras.

Fonte: Acervo do autor

Observa-se que a denominação águas cinzas é atribuída devido ao aspecto da água ser acinzentada. O processo de tratamento de água exige conhecimento de suas características. A qualidade da água é um fator decisivo na escolha da tecnologia de tratamento.

6.5. Tratamento de águas cinzas através do processo de coagulação/decantação/filtração/adsorção em escala de laboratório

De acordo com o Quadro 1, o propósito para o qual as águas cinzas deste trabalho serão utilizadas (limpeza de piso e irrigação de jardins) encaixa-se na Classe 2. Para este padrão de utilização, a NBR 13.969/97 recomenda o tratamento biológico aeróbio (filtro submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. A Tabela 9 exhibe as faixas prováveis de remoção de poluentes em função dos tipos de tratamento.

Tabela 9 - Faixas prováveis de remoção dos poluentes, conforme o tipo de tratamento, consideradas em conjunto com o tanque séptico (em %)

Parâmetro	Filtro anaeróbio submerso	Filtro aeróbio	Filtro de areia	Vala de filtração	LAB	Lagoa com plantas
DBO _{5,20}	40 a 75	60 a 95	50 a 85	50 a 80	70 a 95	70 a 90
DQO	40 a 70	50 a 80	40 a 75	40 a 75	60 a 90	70 a 85
SNF	60 a 90	80 a 95	70 a 95	70 a 95	80 a 95	70 a 95
Sólidos sedimentáveis	70 ou mais	90 ou mais	100	100	90 a 100	100
Nitrogênio amoniacal	-	30 a 80	50 a 80	50 a 80	60 a 90	70 a 90
Nitrato	-	30 a 70	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 80
Fosfato	20 a 50	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 90	70 a 90
Coliformes fecais	-	-	99 ou mais	99,5 ou mais	-	-

Fonte: ABNT NBR 13.969/97

A escolha das etapas de tratamento foi feita inicialmente seguindo as recomendações contidas na NBR 13.969/97. Nesse sentido, foram recolhidas amostras de água cinza bruta, e, a partir destas, foram realizados ensaios laboratoriais para comprovar se a hipótese inicial supre com eficiência ou não os parâmetros demandados.

6.5.1. Coagulação e decantação

O experimento de jar test foi realizado em equipamento da marca Ethiktechnology, modelo 217-3LDB, apresentado na Figura 14. O ensaio teve por objetivo determinar a melhor concentração de sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$ para o controle de turbidez e pH, utilizando-se de métodos manuais para a realização do jar test, que tem por finalidade a simulação das

condições de uma estação de tratamento de água, ou seja, a mistura rápida, mistura lenta e decantação. Esse procedimento é bastante empregado nas estações de tratamento de água para a determinação das dosagens ótimas de coagulantes a serem empregados. Neste trabalho foram realizados três ensaios de dosagens ótimas do coagulante sulfato de alumínio para determinar a condição ótima para floculação de uma água caracterizada pelo tempo e agitação necessária.

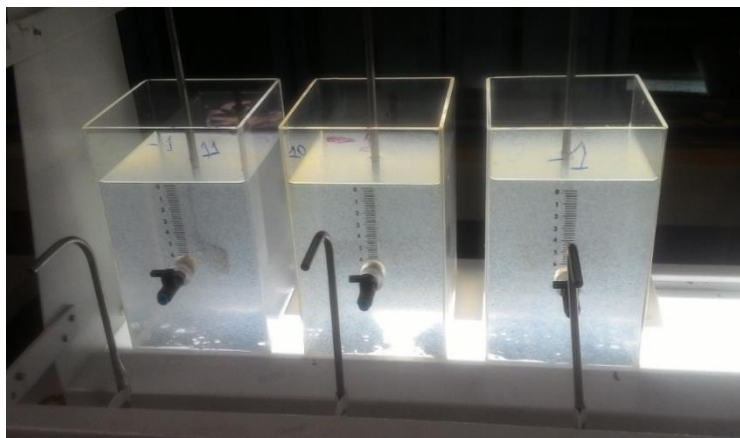


Figura 14 - Equipamento jar-test empregado nos ensaios de coagulação/floculação/decantação
Fonte: Autor (2019)

Neste procedimento, cujo objetivo principal foi determinar a melhor dosagem de sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$ para o controle da turbidez e pH. O procedimento foi realizado em temperatura ambiente e iniciado adicionando-se 2 litros de amostra em cada um dos três jarros, depois desse processo foi acrescentada a solução de sulfato de alumínio em diferentes quantidades. Foram adicionadas diferentes quantidades de sulfato de alumínio em cada jarro, a saber: (a) no primeiro jarro foram adicionados 20 mL de sulfato de alumínio 1%; (b) no segundo foram adicionados 40 mL; (c) e no terceiro foram adicionados 90 mL. Em seguida os agitadores mecânicos foram ligados por 5 minutos em velocidade rápida, e em seguida por 30 minutos em velocidade lenta. Após isso, esperou-se a solução decantar por 1 hora.

6.5.2. Filtro de areia e carvão ativado

Foi empregado um sistema de filtração de águas cinzas produzidas no LARSEN – IFTO Campus Palmas. Esse sistema foi operado em uma série de dois filtros em regime contínuo. O tratamento das águas cinzas foi realizado através da filtração em sistema contendo areia e carvão ativado, operados em fluxo contínuo, feitos em tubo de plástico PVC no formato

cilíndrico, com as seguintes dimensões: altura total do tubo de 40 cm, altura do carvão na coluna de 11 cm, diâmetro do tubo de 2,0 cm. A coluna de areia, com 6,0 gramas do material, foi alimentada com a água cinza pós-saída do sistema de coagulação/floculação, seguida pela coluna contendo 6,0 gramas de carvão ativado. A Figura 15 demonstra o sistema de filtração de areia e carvão ativado da LARSEN.



Figura 15 - Sistema de filtração de águas cinzas com filtro de areia e carvão ativado em série
Fonte: Autor (2019)

Esse sistema consiste na filtração através da camada de areia, onde se processa a depuração tanto por ação física (retenção), quanto pela ação bioquímica (oxidação), devido aos microrganismos fixos nas superfícies dos grãos de areia. Nesse sistema, de acordo com a NBR 13.969/97, não há necessidade de operação e manutenção complexas.

O sistema de filtro de areia é composto por um tanque de volume variável (dimensões dependentes da vazão com que se vai trabalhar), areia, brita e em alguns casos carvão mineral. Logo, pode-se notar que os custos são muito baixos, podendo até chegar quase a zero se

reutilizar-se ou improvisar um tanque, visto que este deve ter a maior participação nos custos. A eficiência do filtro de areia varia de acordo com a taxa de aplicação, com a qualidade do efluente, com a espessura e granulometria das camadas filtrantes.

O principal objetivo de um filtro de areia é a remoção de turbidez e retenção de sujidades visíveis. De acordo com a Tabela 9, a ABNT NBR 13.969/97 demonstra que as faixas prováveis de remoção utilizando o filtro de areia é de 40 a 75% para a demanda química de oxigênio, de 100% para os sólidos sedimentáveis e de 99% ou mais para os coliformes fecais.

6.6. Análise econômica da viabilidade do sistema

A análise econômica demonstrará o potencial de produção de água cinza, que na prática demonstra o potencial de economia em água potável e, por conseguinte, a economia com custos financeiros. Além disso, será calculado o período de retorno para que o gasto estimado com a adaptação do sistema sanitário seja superado pela economia acumulada devido à diminuição no consumo de água potável. Ao final, a viabilidade será demonstrada caso a produção de água cinza seja suficiente para suprir a demanda necessária pelos serviços de limpeza dos pisos e irrigação dos jardins.

7.0. RESULTADOS

7.1. Produção de água cinza

O consumo total em litros por dia corresponde ao valor da oitava coluna da Tabela 10, enquanto o coeficiente de retorno é constante (0,8) e indica que 80% de toda a água potável consumida retorna para o sistema sanitário na forma de esgoto. A constante da fórmula corresponde ao percentual de produção de água cinza em relação ao consumo total (percentual do lavatório).

Tabela 10 - Contagem populacional e consumo de água nos blocos 16 e 17

Dia da contagem de pessoas	Matutino	Vespertino	Noturno	Total	Consumo total (L/dia)	Consumo per capita (L/hab.dia)	Produção de água cinza (L/dia)
06/02/2019	199	148	134	481	2830	5,88	747,12
27/02/2019	209	97	209	515	3429	8,33	1132,56
13/03/2019	381	125	265	771	5830	7,56	1539,12
20/03/2019	358	105	180	643	5270	8,20	1391,28

Fonte: Adaptado de Miranda (2019)

Através dos dados obtidos por Miranda (2019) sendo dados de entrada da Equação 2, obteve-se os valores da oitava coluna da Tabela 10. Constatou-se que o consumo de água potável, e, portanto, a produção de água cinza também estão diretamente ligados à quantidade de usuários. Verifica-se também flutuações entre o consumo per capita. Ao final, obteve-se produção média de 1200 litros e máximo de 1600 litros diários de água cinza.

7.2. Características físicas

Turbidez, sólidos suspensos, temperatura e cor são os parâmetros físicos mais relevantes nas águas cinzas. Resíduos de areia ou terra, cabelo e tecidos de roupa podem ser fontes de materiais sólidos. Os sólidos suspensos indicam o conteúdo de partículas que podem desencadear entupimento dos sistemas de coleta, tratamento e distribuição de águas cinzas. A obstrução causada por acúmulo de resíduos no sistema de tratamento de águas cinzas devem ser levada em consideração, sob pena de prejudicar todo o seu funcionamento (MAY, 2009).

Além disso, turbidez e sólidos em suspensão passam a impressão de um aspecto desagradável das águas cinzas e podem prejudicar a desinfecção (com cloro) das águas, servindo como escudo aos microrganismos. Altas temperaturas podem gerar um ambiente propício ao crescimento de micro-organismos (BAZZARELLA, 2005). A Figura 16 exhibe o equipamento para a realização do ensaio de sólidos totais.



Figura 16 - Ensaio para determinação de sólidos suspensos totais
Fonte: Autor (2019)

De maneira geral, as águas cinzas apresentam uma quantidade de sólidos em suspensão bastante elevada, comprovada tanto pelos resultados de turbidez quanto pela concentração de sólidos suspensos totais. Resíduos de sabonete, gordura e creme dental são os mais

evidenciados através da análise visual da água cinza. Esses materiais em suspensão conferem ao efluente um aspecto desagradável, proporcionam um leve odor desagradável – que aumenta conforme o tempo de armazenamento, além de servirem de abrigo para microrganismos, podendo causar rejeição aos usuários no caso de reúso com completa ausência de tratamento. A Figura 17 exibe o equipamento para a realização do ensaio de turbidez.



Figura 17 - Ensaio para determinação de turbidez.
Fonte: Autor (2019)

De modo geral, a turbidez nas águas cinzas claras é menos representativa nas amostras coletadas do lavatório, e mais representativa nas amostras coletadas do chuveiro e da máquina de lavar.

7.3. Características químicas

Os valores de DBO e de DQO indicam o risco de retirada de oxigênio devido à degradação da matéria orgânica durante o armazenamento. A DBO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia. Já a DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica por um agente químico (PHILLIPI et al, 2004). A maior parte da DQO é derivada dos produtos químicos utilizados nas residências: produtos de limpeza e detergentes. Espera-se então que os níveis de DQO sejam próximos aos encontrados para o esgoto doméstico convencional, enquanto as concentrações de DBO esperam-se valores mais baixos (ERIKSSON et al., 2002). A Figura 18 exibe o equipamento para a realização do ensaio de DQO.



Figura 18 - Ensaio para determinação de demanda química de oxigênio (DQO)
Fonte: Autor (2019)

As concentrações de parâmetros como $DBO_{5,20}$ e DQO são de extrema importância para a escolha do processo de tratamento das águas cinzas. Outro fator importante é o tempo de armazenamento das águas cinzas. Para armazenamento de águas cinzas após 48h, ocorre a depleção total do oxigênio dissolvido. A tabela extraída de Bazzarella (2005) não possui informações de DQO da água cinza oriunda de lavatórios. No entanto, pôde-se notar que há grande equivalência entre os valores de DQO obtidos nas águas cinzas analisadas neste trabalho com as águas cinzas oriundas do chuveiro na pesquisa de Bazzarella (2005), exibidos na Tabela 11. Essa proximidade pode ser explicada pela similaridade dos produtos químicos utilizados nos dois locais, como o sabonete.

Tabela 11 - Características químicas das águas cinzas obtidas em alguns países

Referência	Fonte	Local	Parâmetros químicos	
			DBO	DQO
Butler et al (2005)	Lavatório	Inglaterra	148	-
		Malta	215	-
	Banheira e chuveiro	Inglaterra	250	-
		Malta	274	-
	Máquina de lavar roupas	Inglaterra	662	-
		Malta	682	-
	Pia de cozinha	Inglaterra	756	-
		Malta	669	-
Jamrah et al (2004)	Chuveiro	Al-Mwaleh	60	116
		Al-Hail	156	695
		Al-Khodh	72	174
	Lavanderia	Al-Mwaleh	212	340
		Al-Hail	136	278
		Al-Khodh	76	91
	Pia de cozinha	Al-Mwaleh	25	60,9
		Al-Hail	77,5	156
		Al-Khodh	28,2	35,5
Burnat e Mahmoud (2004)	Misturada	Palestina	222 – 375	600 - 850

Fonte: Adaptado de Bazzarella (2005)

Optou-se fazer o teste de DQO ao invés do teste de DBO, como concebido inicialmente, por se tratar de um método mais rápido, com duração no máximo de duas horas. O teste de DBO, que fornece informações semelhantes, tem a duração de 5 dias. Os resultados de demanda química de oxigênio apresentaram uma variação média de 70 a 695mg/L.

As concentrações de nitrogênio na água cinza são mais baixas que no esgoto convencional, uma vez que a principal fonte desse nutriente é a urina (ausente na água cinza). No entanto, é comum alguns usuários terem o costume de urinar durante o banho (ERIKSSON et al., 2002). Não se julgou necessária a análise das concentrações de nitrogênio, dado que a água cinza analisada neste trabalho é oriunda de lavatórios, e, portanto, isenta de grandes concentrações.

O pH das águas cinzas depende do ponto de coleta do efluente e do pH da água da rede de abastecimento. Produtos químicos, como o sabão, podem interferir no pH das águas cinzas,

tornando-o alcalino. Observa-se na Tabela 12, extraída de Bazzarella (2005), que o pH se apresentou próximo ao neutro em efluentes oriundos do chuveiro e da pia da cozinha e alcalino nos efluentes provindos da lavanderia e do lavatório. Nas análises realizadas por este trabalho, no entanto, observou-se que o pH se aproxima do neutro para efluentes vindos de lavatório. O valor do pH depende dos produtos químicos utilizados. A constatação do pH alcalino na água cinza é explicado pela utilização de cremes dentais e sabonetes.

Tabela 12 - Características químicas das águas cinzas obtidas em alguns países

Referência	Fonte	Local	Parâmetros químicos	
			pH	Alcalinidade (mg/L)
Christova-Boal et al (1996)	Banheiro	Austrália	6,4 - 8,1	24 - 43
	Lavatório		9,3 - 10	83 - 200
Jamrah et al (2004)	Chuveiro	Al-Mwaleh	7,88	19
		Al-Hail	7,69	17
		Al-Khodh	6,77	9
	Lavanderia	Al-Mwaleh	8,04	42
		Al-Hail	8,87	27
		Al-Khodh	8,08	16
	Pia de cozinha	Al-Mwaleh	7,69	20
		Al-Hail	7,06	15
		Al-Khodh	6,68	5
Burnat e Mahmoud (2004)	Misturada	Palestina	6,6 - 7,4	-

Fonte: Adaptado de Bazzarella (2005)

A matéria orgânica e inorgânica presente nas águas cinzas é significativa, muito embora não haja contribuição dos vasos sanitários. Grande parte da matéria orgânica encontrada nas águas cinzas é provinda de sabão, óleos e resíduos corporais. Já a matéria inorgânica é oriunda principalmente dos produtos químicos utilizados na limpeza (como o detergente) (MAY, 2009).

A alcalinidade é um parâmetro muito importante quando se pretende tratar a água cinza pela via de digestão anaeróbia, visto que uma redução do pH pode afetar os microrganismos responsáveis pela depuração.

Os cloretos são advindos da dissolução de sais, como por exemplo, o cloreto de sódio. Isso explica a baixa concentração desse íon no efluente de lavatório – 32,81 a 60,63 mg/L. Naturalmente as maiores concentrações desse íon ocorrem no efluente da cozinha e do vaso

sanitário, devido à presença do sal de cozinha e da urina, respectivamente. A Figura 19 exhibe o equipamento para a realização do ensaio de cloretos.



Figura 19 - Ensaio para determinação de cloretos
Fonte: Autor (2019)

7.4. Características microbiológicas

Embora as águas cinzas não possuam em sua formação contribuições oriundas dos vasos sanitários e mictórios, de onde se originam a grande parte dos micro-organismos patogênicos, algumas atividades podem ser possíveis fontes de tais agentes na água cinza, como a limpeza das mãos após a utilização dos toaletes, o banho ou a lavagem de roupas contaminadas com resíduos fecais (OTTOSON e STENSTRÖM, 2003).

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que, para garantir a potabilidade na água para consumo humano, seja verificada a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*. Dentre as bactérias do grupo dos coliformes totais pesquisadas em água para consumo humano não existem espécies com ação patogênica. Mesmo não tendo ação patogênica, a portaria estabelece que a simples presença de bactérias desse grupo tornam a

água não potável, uma vez que o crescimento dessas bactérias na água dá a indicação de que a água teve contato com matéria orgânica em decomposição. Apenas uma das três amostras de água cinzas estudadas teve ausência de coliformes totais, nas outras o Número Máximo Provável foi de superior a 2419,6 por 100mL. Apesar de a NBR 13.969/97 não apresentar valor máximo de coliformes totais permitidos para as águas de reutilização, reforça-se a importância da etapa de desinfecção com cloro após o tratamento. A Figura 20 exibe o resultado para o ensaio de determinação de coliformes fecais e *Escherichia coli*.



Figura 20 - Ensaio para determinação de coliformes fecais e *Escherichia coli*
Fonte: Autor (2019)

A presença de *Escherichia coli* ou outros organismos patogênicos indicam a contaminação fecal e a presença de patógenos intestinais, como Salmonella ou vírus entéricos, na água cinza. Quantidades de coliformes fecais acima dos padrões estipulados são indesejáveis e implicam uma maior chance de contágio em humano durante a reutilização da água (ROSE et al., 2002). Estudos de Rose et al. (2002) com análise de água cinza estocada mostram que a quantidade de bactérias aeróbias, como os coliformes termotolerantes, aumenta muito durante as primeiras 48 horas de estocagem e depois fica relativamente estabilizada pelos próximos 12 dias. Mesmo sem a contribuição dos vasos sanitários, de onde se provém a maior parte dos microrganismos patogênicos, uma das três amostras de água cinza apresentou resultado positivo de *E. coli*, mesmo que insignificante (1 NMP/100mL). A Tabela 13 exibe os intervalos dos resultados dos ensaios físicos, químicos e microbiológicos.

Tabela 13 - Resultados dos ensaios físicos, químicos e microbiológicos

Parâmetro	Resultado
Cloretos (mg/L)	32,81 - 60,63
Alcalinidade (mgCaCO ₃)	25 - 36
Sólidos totais (mg/L)	203,5 - 342
Sólidos fixos (mg/L)	58 - 106,3
Sólidos voláteis (mg/L)	145,5 - 235,6
DQO (mg/L)	70 - 695
Coliformes totais (NMP/100mL)	0 - > 2419,6
Coliformes fecais (NMP/100mL)	0 - 1
pH	5,66 - 6,79
Turbidez (UNT)	30,6 - 63

Fonte: Autor (2019)

Comparando o quadro de resultados obtidos dos ensaios com o quadro com os parâmetros de qualidade mínimos exigidos para as águas de reúso de acordo com a NBR 13.969/97 (Quadro 2), verifica-se que não há tantas exigências para a Classe 2 (limpeza de pisos e irrigação de jardins). Verificou-se que, apesar da presença quase insignificante de coliformes fecais, o valor obtido é bastante inferior ao que a norma permite (Número Máximo Provável de 500 por 100 mL). No entanto, a turbidez apresentou valores extremamente altos (30,6 a 63 UNT), quando comparados ao máximo valor permitido pela norma (5 UNT). A própria denominação da água do objeto de estudo indica que os valores de turbidez naturalmente serão altos, uma vez que a aparência cinza é um fator que dificulta a travessia da luz, justamente a metodologia de análise do ensaio de turbidez.

Além da remoção da turbidez, percebeu-se ser importante a remoção do odor que aparecia na água cinza no armazenamento por períodos superiores a 24 horas. Dessa forma, além do filtro de areia, que por si seria suficiente para a remoção de turbidez e de sólidos em suspensão, será previsto um filtro de carvão ativado objetivando-se a remoção do odor remanescente na água cinza armazenada. Por fim, de acordo com o Quadro 2, é necessário que haja uma concentração mínima de 0,5 mg/L de cloro residual, para isso haverá a desinfecção no reservatório de água cinza.

7.5. Ensaio de Coagulação/Floculação/Decantação

É uma das etapas de tratamento de água que consiste na adição de produtos químicos denominados coagulantes. Esse procedimento envolve processos químicos e físicos. Nos químicos, promovidos pelos coagulantes, ocorre a desestabilização das cargas negativas

superficiais das partículas coloidais e em suspensão, sendo que depende diretamente das características e das impurezas presentes na água, identificadas por meio de parâmetros: pH; cor; turbidez; alcalinidade; dureza; temperatura etc. Os processos físicos são caracterizados pelo carregamento de partículas hidrolisadas que entram em contato com as impurezas da água e que, durante a agitação lenta vão formando os flocos para serem removidos.

O processo de floculação é a formação de flocos, a agregação ou a reunião de partículas já desestabilizadas, na etapa de coagulação. O agente coagulante (sulfato de alumínio) deve ser misturado na água, sendo a mistura feita em flocladores.

A etapa de floculação no tratamento de água cinza, simulada através do experimento de jar test, deve apresentar como resultado os menores índices de turbidez possíveis, a fim de garantir a ausência de materiais particulados na água. Anteriormente à agitação, adicionam-se substâncias coagulantes, que promovem o agrupamento dos materiais particulados e posteriormente sofre a decantação sob a forma de flocos. Esses coloides, quando agitados (no processo de floculação), se chocam e agrupam-se em flocos, ocorrendo aumento da densidade depositando-se no fundo do recipiente. A partir dos resultados das análises pode-se concluir que a concentração ideal de coagulante de sulfato de alumínio a 1% que melhor se adequa ao tratamento da água em estudo é o da amostra 01, de 10 mL, pois foi a que teve menor valor de turbidez (resultando numa água mais clara), e maior valor de pH (água aproximando-se do estado natural).

Após o período de decantação foi coletado o sobrenadante dos três béquers e analisados turbidez e pH. Os resultados obtidos são exibidos na Tabela 14.

Tabela 14 - Turbidez e pH após coagulação

	Turbidez	pH
Amostra 1 (10mL)	0,77	4,29
Amostra 2 (20mL)	1,16	3,93
Amostra 3 (40mL)	1,68	3,91

7.5.1. Remoção de turbidez

Depois da realização do jar test, que simula o tanque de decantação, foram misturados os sobrenadantes das duas amostras que apresentaram a menor turbidez e, em seguida, colocado em pequenos filtros de areia e de carvão ativado, onde os resultados foram simulados em escala de laboratório. A turbidez do material era de 2,47 UNT (valor já aceitável para a utilização da água conforme 13.969/97) antes da passagem pelo filtro, e de 0,43 UNT após a

passagem pelo filtro. O pH da água filtrada foi de 6,94, e, portanto, bem próximo ao valor neutro.

Analisando o processo de decantação e filtração simulados em escala menor com a terceira amostra (turbidez inicial de 30,6 UNT), a eficiência de remoção da turbidez foi de 92% após a decantação (2,47 UNT) e de 83% após a filtração com areia e carvão ativado (0,47 UNT).

7.6. Dimensionamento da estação de tratamento de água cinza

As águas cinzas que saem dos banheiros serão direcionadas para o tanque de decantação. Como o tanque terá fluxo ascendente, os efluentes entrarão pela parte inferior. O dimensionamento da área superficial do tanque de decantação e do filtro de areia será realizado em função da taxa de aplicação superficial, demonstrada pela Equação 3.

$$TAS = \frac{Q}{A} \left[\frac{L}{dia.m^2} \right] \quad \text{(Equação 3)}$$

Em que:

Q: vazão (L/dia);

A: área superficial (m²).

7.6.1. Tanque de floculação

Para o dimensionamento do tanque de floculação adotou-se tempo de detenção hidráulico igual a 3 horas, em função da baixa vazão dos blocos estudados (0,000019 m³/s ou 0,07 m³/h). As dimensões em planta para o tanque de floculação (comprimento e largura) obtidos foram de 1,0 m. Já a altura útil obtida foi 20 cm, o que significa que, no dia de maior utilização da água, o nível da água no tanque de floculação será exatamente de 20 cm. Abaixo do tanque será colocado um tubo de 100 mm que levará o efluente para o tanque de decantação. A altura total do tanque ficou em 1,0 metro.

Tanque de floculação	
Altura	1,0 m
Altura útil	20 cm
Comprimento	1,0 m
Largura	1,0 m

7.6.2. Tanque de decantação

A taxa de aplicação superficial adotada para o dimensionamento do tanque de decantação foi de $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$, sendo obtida uma área superficial mínima de $0,04 \text{ m}^2$ para suprir com eficiência a demanda diária de $1600 \text{ L}/\text{dia}$, o maior volume obtido de produção de água cinza diária. Para suprir essa demanda, o tanque de decantação terá um volume de $1,6 \text{ m}^3$, com as seguintes dimensões: $0,8 \text{ m}$ de largura, $2,0 \text{ m}$ de comprimento, 1 de altura útil e $1,2 \text{ m}$ de altura, sendo que à altura de $1,0 \text{ m}$ haverá um tubo de 100 mm que redirecionará a água cinza após o processo de coagulação para o filtro de areia e carvão ativado. Os 20 cm restantes correspondem à borda livre.

Tanque de decantação	
Altura	$1,2 \text{ m}$
Altura útil	$1,0 \text{ m}$
Comprimento	$2,0 \text{ m}$
Largura	80 cm

7.6.3. Filtro de areia

O dimensionamento da área superficial do filtro de areia foi realizado baseado na metodologia de Tonetti (2005) e na NBR 13.969/97. Tonetti (2005) construiu um filtro de areia utilizando uma caixa cilíndrica de diâmetro interno igual a $1,00$ metro, contendo três camadas de materiais posicionados a partir da base. A primeira possuía 20 cm de espessura e era constituída por brita 4, com diâmetro efetivo (D10) de $37,00 \text{ mm}$ e coeficiente de desuniformidade (CD) de $2,40$. Acima estava a camada formada por brita 1, com D10 igual a $9,60 \text{ mm}$ e CD de $1,771$, tendo 10 cm de profundidade. Estes materiais objetivavam impedir que a areia fosse arrastada para fora do sistema.

A areia empregada possuía diâmetro efetivo de $0,093 \text{ mm}$ e coeficiente de desuniformidade de $4,516$ e é conhecida como areia grossa. Para o leito de areia adotou-se diferentes profundidades para cada filtro: 25 cm , 50 cm , 75 cm e 100 cm .

A ABNT NBR 13.969/97 estabelece que a taxa de aplicação para cálculo da área superficial do filtro de areia deve ser limitada a $100 \text{ L}/\text{dia} \cdot \text{m}^2$.

Para o dimensionamento do filtro de areia foi considerado o maior volume de efluentes cinzas produzidos nos blocos do IFTO durante os dias registrados por Miranda (2019). Esse valor foi aplicado na equação 3, obtendo-se o valor de $1600 \text{ L}/\text{dia}$. A taxa de aplicação para o cálculo da área superficial do filtro de areia deve ser limitada a $100 \text{ L}/\text{dia} \cdot \text{m}^2$. Admitindo que o filtro terá forma circular, seu diâmetro será dado pela Equação 4.

$$A = \frac{Q}{TAS} \therefore \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{Q}{TAS} \therefore D = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{TAS \cdot \pi}} \quad (\text{Equação 4})$$

Aplicando estes valores na equação 5, o diâmetro do filtro resulta em 4,5 metros.

Como citado anteriormente, no tanque de decantação haverá uma tubulação de saída a 1 m de altura que conduzirá o efluente coagulado para o filtro de areia. Dessa forma, as dimensões finais do filtro de areia foram as seguintes: a camada de areia adotada será de 50 cm, a favor da segurança. A camada suporte terá a espessura de 10 cm e será composta por brita 1. A camada de aeração terá a espessura de 20 cm e será composta por brita 4. O filtro terá uma borda livre de 60 cm de altura. A altura final resultou em 1,4 m, que, com uma área superficial de 16 m², resulta um volume total de 22,4 m³.

7.6.4. Filtro de carvão ativado

O carvão ativado é um material granulado ou em pó usualmente produzido pela queima de substâncias à base de celulose, tais como madeira ou casca de coco, na ausência de ar. O objetivo principal desse tipo de filtro é reduzir odores, coloração, matéria orgânica e gostos estranhos presentes na água. O carvão ativado comercial pode ser adquirido na forma granular (CAG) ou em pó (CAP). A granulometria do carvão ativado varia entre 0,01 mm a 0,10 mm na forma de pó, enquanto o granular possui tamanho entre 0,42 e 2,40 mm. O coeficiente de desuniformidade do CAG varia de 1,5 a 2,0 para favorecer a estratificar na lavagem com água.

A Figura 21 resume detalhadamente as etapas escolhidas para o tratamento da água cinza conforme as características obtidas nos ensaios. A água cinza bruta passará por três tanques: de coagulação, floculação e decantação. Após terminadas essas etapas, o efluente passará pelos filtros de areia e carvão ativado, onde o tratamento químico e microbiológico potencializam benéficamente as características do efluente bruto.



Figura 21 - Etapas de tratamento de águas cinza
Fonte: Rodrigues (2019)

7.6.5. Desinfecção

A NBR 13.969/97 define que para todos os efluentes que tenham como destinação final águas de reuso (como é o caso da água cinza), corpos receptores superficiais ou galerias de águas pluviais devem sofrer desinfecção. Além disso, a norma alerta que a desinfecção deve ser feita de forma criteriosa e compatível com a qualidade do corpo receptor e segundo as diretrizes do órgão ambiental. O menor tempo de detenção hidráulica para o contato deve ser de 30 minutos. O esgoto clorado deve conter, após o tempo de contato, uma concentração de cloro livre de pelo menos 0,5 mg/L.

A desinfecção foi inserida para a destruição de eventuais patógenos ainda presentes no esgoto posterior ao tratamento, tornando-o mais seguro para utilização posterior. Além disso, a desinfecção é indispensável neste caso porque pode ocorrer de, na utilização da água cinza tratada (limpeza de pisos e irrigação de jardim), haver o contato desta com pessoas. O agente desinfetante escolhido foi o cloro, que, além de proporcionar a desinfecção no tanque, ainda deixa uma concentração residual, garantindo a desinfecção em caso de recontaminação (BAZZARELLA, 2005).

Para a dosagem da quantidade de cloro utilizada no reservatório de água cinza, optou-se por colocar o valor de 0,5 mg/L, uma vez que a água cinza não requer altos valores de potabilidade. O cálculo da dosagem é feito com o auxílio da Equação 5.

$$\text{Dosagem} = \text{dosagem máxima} \cdot \text{vazão} \quad (\text{Equação 5})$$

$$\text{Dosagem} = 0,5 \text{ mg/L} \cdot 1600 \text{ L/dia}$$

$$\text{Dosagem} = 0,8 \text{ kg/dia}$$

Para a cloração foi utilizada pastilhas de cloro de 200g (características estão descritas na Tabela 15). Ela foi acoplada a um flutuador e, este conjunto, inserido no reservatório de água cinza. A aplicação de cloro era feita de forma gradativa, na medida em que a pastilha ia se dissolvendo. A dosagem era controlada por uma grelha localizada na parte inferior do flutuador. A grelha foi mantida praticamente toda fechada para que a dosagem aplicada fosse a mínima possível. Cada pastilha de cloro dura aproximadamente dois meses.

Tabela 15 - Características da pastilha de cloro

Nome	Fornecedor	Características
Pace tricloro (cloro estabilizado em tablete)	Hth	<u>Ingrediente ativo:</u> Tricloro-S-Triazina-Triona (90% de cloro)99%
		<u>Composição:</u> Água, hidróxido de cálcio.....1%

7.7. Viabilidade para a utilização na limpeza do piso e irrigação do jardim

Para definir o volume de água necessário a irrigação ou limpeza de 1,0 m² foram utilizados índices de aplicação definidos por TOMAZ (2010). O autor considera que para a irrigação de 1 m² de jardim seja comum a utilização de 2 litros por dia (2 L/m². dia) e que esta ocorra uma vez a cada 15 dias. Apesar de o autor considerar que, para a limpeza de 1 m² de piso ou pátios comuns seja ideal a taxa de 2 L/m². dia, este trabalho optou por considerá-la menor (1,5 L/m². dia), visto que a utilização desta taxa de aplicação superaria o valor de toda a utilização da água dos blocos unicamente para a finalidade da limpeza. A limpeza do piso ocorrerá com a frequência semanal de uma vez. Com base na análise do projeto arquitetônico dos blocos obtido na Diretoria de Engenharia e Infraestrutura da Reitoria do Instituto Federal do Tocantins (IFTO), foi possível determinar a área total de gramado e do pátio dos blocos. A área do gramado corresponde a 747 m², e a do pátio é de 3660 m². As Tabelas 16 e 17 sintetizam as quantidades demandadas de água cinza total e por unidade de área.

Tabela 16 - Consumo de água na irrigação de jardins

Área (m ²)	Frequência de uso	Volume unitário (L/m ²)	Total (L)
747	0,5	2	747

Fonte: Acervo do autor

Tabela 17 - Consumo de água na limpeza dos pisos

Área (m ²)	Frequência de uso	Volume unitário (L/m ²)	Total (L)
3660	1	1,5	5490

Fonte: Acervo do autor

Segundo a ABNT NBR 5.626/98, o volume de água reservado para uso deve oferecer autonomia de abastecimento do edifício de no mínimo 24 horas. Com os cálculos realizados acima, determinou-se que o consumo semanal para os blocos corresponde ao volume de 6,24 m³ (na semana em que ocorre a irrigação dos jardins), e de 5,49 m³ (na semana em que não ocorre).

7.8. Reservatório de água cinza

Diferentemente do sistema de reutilização de águas pluviais, não há norma definida para o dimensionamento dos reservatórios de água cinza. Dessa forma, para a obtenção de um volume adequado para o reservatório do sistema considerou-se o valor médio de produção diário igual a 1,2 m³. Considerando que a limpeza geral do piso é feita às quartas-feiras e que este processo requer, segundo as considerações deste projeto, 5,49 m³, o reservatório deverá possuir um volume de tal sorte a atender esta demanda. Portanto, o reservatório armazenará a água cinza por cinco dias corridos (de quarta-feira à quarta-feira), de forma a contemplar os 5,49 m³ e terá o volume total de 6 m³ (ou 6000 litros). Como este volume produzido é insuficiente para realizar a irrigação dos jardins, armazenar-se-á o volume restante (aproximadamente 500 litros), que, com a adição da produção de um dia da outra semana é suficiente para atender a demanda de água cinza para a irrigação dos jardins (747 litros).

O reservatório escolhido para o sistema tem a capacidade de 6000 litros, conforme mostra a Figura 22, é inteiramente laminada e estruturada, feita no formato tronco-cônico. A laminação da caixa d'água é feita com resina poliéster. O reservatório foi dimensionado de modo que toda a água gerada em excesso seja encaminhada para o sistema de coleta de esgoto sanitário existente através de um extravasor.



Figura 22 - Reservatório com capacidade de 6000 litros
Fonte: Site de vendas da Caixa Forte.

No sistema atual do edifício se faz necessária a realização de algumas alterações no sistema predial. No caso do esgoto sanitário, os tubos de queda de esgoto secundário devem ser instalados e direcionados ao tratamento de águas cinzas. Já os esgotos primários devem permanecer funcionando conforme o existente, sem sofrer algum tipo de modificação.

7.9. Consumo mensal

Para a determinação da produção semanal de água no edifício em estudo, considerou-se que na semana 1 ocorre a irrigação do jardim, e na semana 2 não ocorre. Dessa forma, de acordo com a Tabela 10, a média de produção diária de água cinza é de 1,2 m³, tendo, portanto, uma produção de água cinza semanal estimada em 6 m³. As Tabelas 18 e 19 exibem a distribuição do consumo de água cinza por semana.

Tabela 18 - Distribuição do consumo de água cinza (semana 1)

Atividade	Consumo médio semanal (m ³)	Porcentagem (%)
Limpeza de pisos	5,49	88,02%
Irrigação de jardim	0,75	11,98%
Total	6,24	100%

Fonte: Acervo do autor

Tabela 19 - Distribuição do consumo de água cinza (semana 2)

Atividade	Consumo médio semanal (m ³)	Porcentagem (%)
Limpeza de pisos	5,49	100,00%
Irrigação de jardim	0	0,00%
Total	5,49	100%

Fonte: Acervo do autor

A Tabela 20 resume a quantidade de água cinza necessária para a limpeza de piso e irrigação do jardim em um ano. Para tanto, considerou-se que o ano tem aproximadamente 200 dias letivos, que, com 5 dias úteis por semana, totalizam 40 semanas. Para efeito de cálculo, considerou-se todos os meses do ano com quatro semanas e 20 dias letivos. As exceções ficaram nos períodos de férias escolares: os meses de janeiro, julho e dezembro. Considerou-se os meses de janeiro e dezembro com duas semanas letivas; e o mês de julho com zero dias letivos. Tem-se então que a demanda anual de água cinza é de aproximadamente 234,54 m³. Como a produção anual de água cinza é de 240,00 m³, verificou-se que a produção de água cinza é suficiente para atender à demanda requisitada de água cinza.

A água cinza destinada à limpeza geral do piso será armazenada de uma quarta-feira à outra, pois o intervalo de cinco dias de armazenagem é condição indispensável para o acúmulo da quantidade necessária, tendo em vista que, com uma média de produção diária de 1200 litros de água cinza, levar-se-iam cinco dias corridos para o acúmulo de 6000 litros. Na semana em que não há irrigação de jardim resta aproximadamente 500 litros, que será armazenado para a semana em que ocorrerá a irrigação, que poderá ocorrer em qualquer dia da semana. Para os meses de novembro a março, que correspondem aos meses com maiores precipitações pluviométricas, não existe a necessidade de irrigar os jardins. Somando-se as demandas de todos os meses, obteve-se um consumo anual de 234,54 m³ para fins não potáveis, ante a uma produção anual da ordem de 240,00 m³.

Tabela 20 - Consumo e produção

	Volume diário (m³)	Volume semanal (m³)	Volume anual (m³)
Limpeza de pisos	-	5,49	219,60
Irrigação de jardins	-	0,75 a cada 15 dias	14,94
Produção de água cinza (média)	1,20	6,00	240,00
Consumo total de água (média)	4,34	21,70	868,00

Fonte: Autor (2019)

7.10. Análise econômica

Após a verificação do percentual da economia de água potável, foram levantados os custos de implantação e operação dos sistemas de aproveitamento de água cinza, assim como os custos economizados com uso da água do sistema proposto.

Os custos de implantação do sistema consistem basicamente nos custos de equipamentos, materiais e serviços. Desse modo, no término do projeto foi levantado o

quantitativo de cada elemento para elaboração de uma planilha orçamentária com os custos totais de implantação da obra. As composições de cada atividade foram realizadas com o auxílio da Tabela da Composição de Preços e Orçamentos (TCPO), enquanto os preços com cotações no mercado local e tabelas no Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Conhecendo-se os quantitativos de materiais e serviços para a implantação do sistema de aproveitamento de água cinza proposto pela pesquisa. A planilha orçamentária é apresentada em apêndice, em que os custos das composições unitárias foram extraídos da SINAPI do mês de junho de 2019, e as quantidades foram retiradas das alterações dos projetos. O valor estimado para a alteração do sistema foi de R\$ 25.058,53.

7.11. Análise de potencial de economia do sistema de reutilização de águas cinzas

As tarifas mensais cobradas pela BRK Ambiental para categoria pública se encontram no Quadro 3.

Quadro 3 – Tarifa de consumo de água para categoria pública

Tipo	Intervalo (m³)	Volume por faixa (m³)	Alíquota (R\$/m³)	Fator de dedução	Valor da faixa (R\$)	Valor acumulado (R\$)
P1	00 - 15	15	7,71	-	115,58	115,58
P2	> 15	-	11,43	55,83	-	-

Fonte: BRK Ambiental (2019)

O edifício em questão se encaixou no consumo tipo P2, logo o valor mensal cobrado será dado pela multiplicação do volume consumido pela alíquota, dentro dos intervalos de consumo para cada valor de alíquota. Para o valor final do consumo de água é obtido do valor de consumo de água acrescentando-se 80% desse valor referente à taxa de coleta de esgoto cobrada pela concessionária. Para o cálculo da economia gerada pelo sistema, fez-se necessário o conhecimento do consumo mensal atual e do consumo estimado após a implantação do sistema. Para o cálculo do volume mensal foi considerado o consumo diário de água (diretamente ligado à produção de água cinza), que, multiplicado a uma média de cinco dias, fornece o consumo semanal de água, como também a produção semanal de água cinza.

O consumo mensal após a implantação do sistema foi calculado através da diferença entre o consumo total de água e a produção total de água cinza, conforme a Tabela 21 (Consumo e Produção). O sistema gerou uma economia média de 27,65 m³ ao mês, o que equivale a uma economia anual de 240,00 m³. Para os custos com água potável, obteve-se uma

economia anual no valor de R\$ 4.937,76, com as tarifas praticadas pela concessionária em 2019.

Tabela 21 - Economia de água potável gerada pelo sistema de reutilização de água cinza

Mês	Consumo médio antes da implantação (m ³)	Custo mensal antes da implantação (R\$)	Consumo após implantação (m ³)	Custo mensal após implantação (R\$)	Economia - Volume para consumo (m ³)		Economia - Custos com consumo de água (m ³)	
					Volume (m ³)	%	Custo (R\$)	%
Janeiro	43,4	R\$ 792,35	31,4	R\$ 545,46	12,0	27,65%	R\$ 246,89	31,16%
Fevereiro	86,8	R\$ 1.685,26	62,8	R\$ 1.191,48	24,0	27,65%	R\$ 493,78	29,30%
Março	86,8	R\$ 1.685,26	62,8	R\$ 1.191,48	24,0	27,65%	R\$ 493,78	29,30%
Abril	86,8	R\$ 1.685,26	62,8	R\$ 1.191,48	24,0	27,65%	R\$ 493,78	29,30%
Maio	86,8	R\$ 1.685,26	62,8	R\$ 1.191,48	24,0	27,65%	R\$ 493,78	29,30%
Junho	86,8	R\$ 1.685,26	62,8	R\$ 1.191,48	24,0	27,65%	R\$ 493,78	29,30%
Julho	0,0	R\$ 0,00	0,0	R\$ 0,00	0,0	-	R\$ 0,00	-
Agosto	86,8	R\$ 1.685,26	62,8	R\$ 1.191,48	24,0	27,65%	R\$ 493,78	29,30%
Setembro	86,8	R\$ 1.685,26	62,8	R\$ 1.191,48	24,0	27,65%	R\$ 493,78	29,30%
Outubro	86,8	R\$ 1.685,26	62,8	R\$ 1.191,48	24,0	27,65%	R\$ 493,78	29,30%
Novembro	86,8	R\$ 1.685,26	62,8	R\$ 1.191,48	24,0	27,65%	R\$ 493,78	29,30%
Dezembro	43,4	R\$ 792,35	31,4	R\$ 545,46	12,0	27,65%	R\$ 246,89	31,16%
Total	868,0	R\$ 16.752,01	628,0	R\$ 11.814,25	240,0	27,65%	R\$ 4.937,76	29,48%

Fonte: Autor (2019)

Sabendo-se que o valor investido para a adaptação do sistema de distribuição inicialmente é da ordem de R\$ 25.058,63, e considerando-se que a economia anual é da ordem de R\$ 4.937,76, pode-se perceber que o período necessário para que a economia gerada pelo sistema de reutilização tenha retorno sobre o valor investido inicialmente é de aproximadamente cinco anos. A razão entre a economia gerada ao final do segundo ano (R\$ 369,83) e a economia anual do sistema (R\$ 4.937,76) informa precisamente o período de 5 anos e 27 dias. A partir desse período, o sistema passa a efetivamente gerar economia, que ao final de 6 anos é de R\$ 4.567,93. A Tabela 22 demonstra os cálculos supramencionados.

Tabela 22 - Análise do tempo de retorno do sistema

Tempo (anos)	Investimento inicial (R\$)	Economia anual (R\$)	Economia gerada (R\$)
0	R\$ 25.058,63		-R\$ 25.058,63
1		R\$ 4.937,76	-R\$ 20.120,87
2		R\$ 4.937,76	-R\$ 15.183,11
3		R\$ 4.937,76	-R\$ 10.245,35
4		R\$ 4.937,76	-R\$ 5.307,59

5		R\$ 4.937,76	-R\$ 369,83
6		R\$ 4.937,76	R\$ 4.567,93

Fonte: Autor (2019)

8. CONCLUSÕES

Esta pesquisa comprovou a viabilidade na implantação do sistema de reutilização de água cinzas, através da análise dos dados de utilização de água potável em edifício institucional. A pesquisa verificou esta viabilidade estimando, através de normas da ABNT e de índices obtidos por especialistas, que o volume anual de água demandado é de 219,60 m³ para a limpeza de pisos, e de 14,94 m³ para a irrigação dos jardins, totalizando uma demanda anual de água cinza da ordem de 234,54 m³. Por outro lado, o potencial de produção de água cinzas obtido nesta pesquisa foi de 240,00 m³. Por meio de dados obtidos em estudo realizado no mesmo edifício, constatou-se que, em média, a produção diária de água cinza é de 1200 litros.

As demandas semanais foram estimadas adotando-se a utilização média do prédio em cinco dias úteis por semana. A demanda anual, por sua vez, foi obtida multiplicando-se o volume demandado em uma semana pelo total de semanas letivas em um ano, ou seja, 40 semanas. A partir dos dados obtidos, estimou-se o volume de 6 m³ para o reservatório inferior de armazenamento de água cinza não potável. A estimativa considerou a logística de utilização da água não potável, tendo em vista que a limpeza geral do bloco ocorre uma vez por semana e a irrigação dos jardins ocorre uma vez a cada duas semanas.

Foram feitas alterações no projeto sanitário inicial, de tal sorte a separar as águas cinzas do restante do esgoto. As tubulações de água cinza foram redimensionadas e verificou-se que o diâmetro de 50 mm é suficiente para o atendimento das vazões conforme a NBR 8.160/90. Foi necessária, ainda, a inserção de tubo de queda com o diâmetro de 50 mm nos banheiros superiores. O esgoto convencional continua sendo direcionado para a rede de esgoto da concessionária local, enquanto a água cinza bruta passou a ser conduzida para a estação de tratamento de água cinza.

Em relação à análise das amostras extraídas, constatou-se haver aceitabilidade em quatro dos seis parâmetros exigidos pela NBR 13.969/97 para que o efluente possa ser utilizado para os fins propostos neste estudo, a saber: pH, oxigênio dissolvido, quantidade de coliformes totais e sólidos dissolvidos totais. Os dois parâmetros que não atenderam ao nível mínimo de qualidade exigido pela norma balizaram a escolha dos tratamentos da ETE: turbidez e cloro residual. Conforme recomendações da norma, escolheu-se o filtro de areia e

a desinfecção como parte do tratamento. O filtro de areia atua na redução da turbidez e a desinfecção é necessária para atingir o nível adequado de cloro residual. Floculação e decantação foram acrescentadas para auxiliar a redução de turbidez. Além disso, constatou-se odores desagradáveis para a água cinza bruta em período de armazenamento superior a 24 horas durante os ensaios. Para combater o aparecimento desta característica desagradável aos usuários do edifício, foi necessário o acréscimo do filtro de carvão ativado no sistema.

A eficiência das etapas de floculação e decantação foi testada através do teste dos jarros, o qual permitiu determinar a concentração de sulfato de alumínio ótima em função da maior redução da turbidez. Nesse nível de tratamento a redução da turbidez foi de 92%, já estando em níveis aceitáveis pela norma. Os filtros de areia e de carvão ativada também foram testados em escala menor, onde se constatou a turbidez reduzida em 83% quando comparada à turbidez pós-decantação. A redução final da turbidez obtida nos ensaios foi de 98%. Além disso, a filtração auxiliou na adequação do nível do pH.

Após realizado o orçamento do sistema de distribuição de água cinza, obteve-se que o custo de implantação é da ordem de R\$ 25.058,63. Com um volume estimado de economia anual de água potável da ordem de 240,00 m³, obteve-se uma economia de R\$ 4.937,76 por ano nas despesas com água potável. Dessa forma, o período de retorno para que a economia gerada pela redução com as despesas de água potável supere o valor investido inicialmente na implantação do sistema é de aproximadamente cinco anos.

Portanto, percebe-se que a implantação de um sistema de reaproveitamento de águas cinzas nos blocos do IFTO Campus Palmas apresenta-se economicamente viável, uma vez que proporciona redução de 27,65% no consumo de água potável anual e de 29,48% em gastos com consumo de água potável, apresentando benefícios financeiros para períodos superiores a cinco anos. Além disso, a utilização de água não potável para fins menos nobres auxilia a preservação dos recursos e corpos hídricos, que também constitui objetivo final desta pesquisa.

9. RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Após a conclusão deste trabalho surgiram algumas sugestões para trabalhos futuros semelhantes a este projeto como:

- Realizar estudo referente ao reaproveitamento de água cinza em edificações domésticas, industriais ou hospitalares;

- Realizar um estudo de viabilidade na implantação de sistema de aproveitamento de águas pluviais no edifício institucional estudado neste projeto (IFTO);
- Dimensionar, projetar, detalhar e orçar pormenorizadamente uma estação de tratamento de esgoto para suprir tanto à demanda quantitativa de água, quanto à demanda qualitativa das amostras obtidas nesta pesquisa.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. **NBR 13.969 – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro. 1997.

_____. **NBR 5.626 – Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro. 1998.

_____. **NBR 8.160 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução.** Rio de Janeiro. 1999.

_____. **NBR 9.496 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro. 1986.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Vitória, 2005.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Águas e Esgotos – 2016.** Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018. 220 p.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 2007.**

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.**

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Hidrologia.** Apostila – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRRJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, agosto de 2006.

ESTADO DE SÃO PAULO. **Decreto nº 48.138, de 7 de outubro de 2003.**

GOELLNER, C. **O uso da água e a agricultura.** Universidade de Passo Fundo. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267373079_O_USO_DA_AGUA_E_A_AGRICULTURA>. Acesso em 15 ago. 2018.

HENZE, M.; LEDIN, A. **Types, characteristics and quantities of classic, combined, domestic wastewaters.** New York: IWA. Published, 2001.

JEFFERSON, et al. **Technologies for domestic wastewater recycling.** Urban Water. 1, p. 285-292, 1999.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L. D.; OLIVEIRA, S. V. W. B. D. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI.** Revista de Administração Pública, Março-Abril, 2011, p. 331-348.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** 222p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MELO, V. D. O.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias.** São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Ciclo Hidrológico. Águas Subterrâneas e o Ciclo Hidrológico.** 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acesso em 25 jul. 2018.

MIRANDA, Z. L. B. **Estimativa de redução de consumo de água proporcionada por aparelhos economizadores em comparação com aparelhos convencionais nos blocos 14, 15, 16 e 17 do IFTO – Campus Palmas.** 53p. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas, 2019.

NITERÓI. **Lei nº 2856, de 26 de julho de 2011.**

NOGUEIRA, P. F. **Escassez da água.** Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=3&pag=reuso.html>>. Acesso em 7 mai. 2018.

OTTERPOHL, R. **Black, brown, yellow, grey – the new collors of sanitation.** Water 21, p. 31-41, out. 2001.

PEREIRA JR., J. S. **Recursos hídricos – conceituação, disponibilidade e usos.** Brasília, 2004. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema14/2004_2687.pdf>. Acesso: 12 mai. 2018.

PHILLIPI, J. A. R., ANDRADE, M. D., COLLET, B. G. **Curso de Gestão Ambiental.** São Paulo: Marlone, 2004.

RIBEIRO, A. K. M. **Método para avaliação do impacto ambiental da implantação de sistema integrados de aproveitamento de água pluvial e água cinza em residências unifamiliares a partir da análise do ciclo de vida.** 276p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, SC, 2015.

REBOUÇAS, A. D. C. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez.** Revista Bahia Análise & Dados, 2003, Volume 13, Número especial, p. 341-345. Disponível em: <<http://files.geografia24horas.webnode.com.br/200000068-0276f03713/Agua%20I.pdf>>. Acesso em 8 mai. 2018.

RODRIGUES, C. R. **Degradação térmica da casca de arroz e utilização do carvão obtido no processo para polimento de águas cinzas.** 95p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2019.

SOUSA, T. G. S. **Água Potável Garantia de Qualidade de Vida.** T 15: Educação Ambiental, UFPI 2002

TOMAZ, P. **Aproveitamento da água da chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** Versão digital, 2010. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf> Acesso em 24 mai. 2018.

TOMAZ, P. **Água: pague menos.** Versão digital, 2010. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_pague_menos/livro_pague_menos.pdf> Acesso em 24 mai. 2018.

TONETTI, A. L. **Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por filtro de areia.** Campinas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522005000300005>. Acesso em 7 jul. 2019.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards.** Of a WHO meeting of Experts. Technical report series N° 517. Genebra, 1973.

APÊNDICE A – METODOLOGIA PARA ENSAIOS LABORATORIAIS

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Curso: Engenharia Civil
Disciplina: Análise de Águas
Prof. Marcelo Mendes Pedroza
Assunto: Coleta de Amostras de Águas



Coleta de Amostras de Água

1 – Introdução

A coleta de amostras de água constitui-se em um dos elementos de fundamental importância no desenvolvimento de um Programa de Controle da Qualidade da Água. Embora considerada uma atividade simples, alguns critérios técnicos, como a exigência de pessoal treinado, devem ser rigorosamente observados no processo de amostragem a fim de que as amostras sejam representativas do nível de qualidade que se pretende determinar.

É importante dispor de informações sobre as áreas a serem avaliadas para possibilitar o planejamento das atividades, a preparação do material a ser utilizado na amostragem, bem como a definição de infraestrutura a ser utilizada no deslocamento aos locais de coleta de amostras.

2 – Requisitos Básicos para a Coleta de Amostras

1. Planejamento da amostragem com a determinação prévia dos pontos de coleta, e respectivamente mapeamento cartográfico;
2. As amostras coletadas para análises bacteriológicas devem ser feitas antes de qualquer coleta para outro tipo de análise, considerando o risco de contaminação do local de amostragem, devendo ser acondicionados e transportadas em frascos devidamente esterilizados e identificados;
3. Não devem ser coletadas amostras compostas para análises bacteriológicas;
4. As amostras destinadas às análises físico-químicas devem ser acondicionadas em frascos de polietileno, devidamente limpos, secos e identificados a fim de se evitar erros. Aconselha-se fazer o enxágue do frasco com a amostras e após enchê-lo totalmente;
5. As coletas de amostras devem ser registradas em fichas próprias com as seguintes informações:
 - Local do ponto de coleta;
 - Tipo de manancial;
 - Ocorrência de fenômenos que possam interferir na qualidade da água;
 - Data e horário da coleta;
 - Volume coletado;
 - Determinações efetuadas no momento da coleta (temperatura, cloro residual, condutividade, pH)
 - Nome do responsável pela amostra.
6. A amostragem deve ser realizada diretamente do sistema de distribuição e não de caixas, reservatórios, cisternas, etc.

7. As amostras coletadas para análises bacteriológicas devem ser transportadas em caixas térmicas, em temperatura em torno de 10° C e o período de transporte deve ser de 6 horas, sendo que o tempo para a realização das análises não deve exceder às 24 horas;
8. A coleta de água bruta deve ser realizada em ponto estratégico do manancial de captação ou, quando não é possível, na chegada da água bruta na Estação de Tratamento de Água (ETA);
9. A coleta de amostra para análise microbiológica de água tratada deve ser realizada diretamente da torneira. Flambar a torneira ou fazer sua desinfecção com solução de hipoclorito de sódio a 10%. Para água tratada, utilizar frasco de coleta com 0,1 mL com tiosulfato de sódio a 10%.
10. Sempre desprezar os 15 primeiros segundos de vazão de água da torneira ou bomba escolhida como ponto de coleta.

3 – Técnicas de Coletas de Amostras

As técnicas de amostragem variam de acordo com o tipo do corpo d'água a ser analisado e a finalidade das nas análises.

3.1 – Coletas para Análises Físico-Químicas

As coletas para a realização de análises físico-químicas devem ser realizadas em frascos de polietileno, limpos e secos, com capacidade mínima de um litro, devidamente vedados e identificados, tendo-se o cuidado de enxaguá-lo duas a três vezes com a água a ser coletada e completar o volume da amostra.

3.2 – Coletas para Análises Bacteriológicas

A coleta deve ser feita utilizando-se frascos de vidro ou plástico autoclavável, não-tóxico, de boca larga e tampa à prova de vazamento.

O período entre a coleta da amostra e o início das análises bacteriológicas não deve ultrapassar o período de 24 horas e a sua conservação é feita em refrigeração a uma temperatura entre 4 e 10 °C.

Antes da esterilização do frasco de coleta para amostras tratadas, recomenda-se adicionar ao mesmo 0,1 mL de uma solução de tiosulfato de sódio a 10% (agente neutralizador do cloro residual).

3.2.1 – Coletas para Análises Bacteriológicas em Águas Superficiais (rios, lagos, etc.)

Nesse tipo de coleta, procura-se selecionar pontos que sejam representativos do corpo d'água, evitando-se a coleta de amostrar próximo às margens, em águas paradas ou da superfície. Deve-se colher, de preferência, mais de uma amostra em pontos diversos.

- **Coleta manual**

- Observando os procedimentos de assepsia, retirar a tampa do frasco com o papel protetor;

- Segurar o frasco pela base, mergulhando-o rapidamente com a boca para baixo de forma a atingir uma profundidade de 15 a 30 cm;
- Direcionar o frasco em sentido contrário à corrente ou fluxo d'água;
- Em água parada, criar uma corrente artificial movimentando o frasco na direção horizontal, sempre para a frente;
- Inclinar o frasco lentamente para cima, a fim de permitir a saída do ar e o enchimento do mesmo;
- Ao retirar o frasco do corpo d'água, desprezar uma pequena porção da amostra deixando um espaço vazio para permitir a sua perfeita homogeneização antes do início da análise;
- Fechar o frasco imediatamente, fixando o papel protetor ao redor do gargalo.

- **Coleta em Poços Freáticos com Bombas**

- Bombear a água durante aproximadamente cinco minutos;
- Fazer a desinfecção da saída da bomba com solução de hipoclorito de sódio a 10%, deixando escorrer a água por mais ou menos cinco minutos;
- Proceder a coleta da amostra, segurando o frasco verticalmente próximo da base e efetuando o seu enchimento;
- Deixar um espaço vazio para possibilitar a homogeneização da amostra;
- Fechar o frasco imediatamente após a coleta. O frasco e a ficha de coleta devem estar previamente identificados.
- Em poços sem bomba, a amostra deve ser coletada diretamente do poço, com frasco esterilizado, evitando-se retirar amostras de cada camada superficial e junto às paredes.

- **Coleta em Sistema de Abastecimento de Água para Consumo Humano**

- Deixar escoar a água da torneira durante dois a três minutos, para eliminar impurezas e água parada na canalização;
- Fazer a desinfecção da torneira com solução de hipoclorito de sódio a 10%, para eliminar qualquer tipo de contaminação externa. Alguns autores recomendam não fazer a desinfecção da torneira através do processo de flambagem, pois, além de causar danos a torneira e válvulas, há evidências de que este procedimento não tem efeito letal sobre as bactérias;
- Remover todo o hipoclorito, antes da coleta, deixando escoar a água durante dois a três minutos;
- Remover a tampa do frasco com o papel protetor, observando os procedimentos de assepsia. O frasco deve conter em seu interior solução de tiosulfato de sódio, uma vez que a amostra contém cloro residual;
- Segurar o frasco verticalmente, próximo da base, e efetuar o seu enchimento, deixando um espaço vazio para homogeneização da amostra;

- Fechar o frasco imediatamente após a coleta. O frasco e a ficha de coleta devem estar previamente identificados.

4 – Limpeza de Frascos para Coleta de Amostras

- **Determinação de Fósforo Total ou Ortofosfato Solúvel (ou outras formas de fósforo)**

Toda a vidraria utilizada nestas determinações não deve ser lavada com detergente comum, o que contaminará com fósforo. A lavagem final da vidraria deve ser feita deixando-a imersa numa solução de água clorídrico (HCl) por um dia, sendo enxaguada, várias vezes, com água destilada antes de ser usada. A solução de ácido clorídrico deve estar na proporção de 1 litro de ácido (a 37%) para 9 litros de água destilada.

- **Determinação de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)**

Durante a realização desse ensaio bioquímico, ocorre a formação de um biofilme nos frascos de DBO. Torna-se necessária a sua retirada, antes que o frasco seja usado em outro ensaio. Recomenda-se que a vidraria permaneça mergulhada na solução ácida preparada para o fósforo durante um dia. Retirar os frascos de DBO e lavar bastante com água da torneira e em seguida com água destilada.

- **Determinações microbiológicas**

Os frascos devem estar rigorosamente limpos e esterilizados através de autoclavagem a 121 °C durante 15 minutos. Esses devem ser revestidos por papel laminado. No momento da coleta, nada deve tocar o interior do frasco ou tampa. Para evitar a perda de tiosulfato, encher o frasco diretamente e não lavá-lo com água. Nunca esquecer de deixar um espaço de ar depois de colhida a amostra.



Metodologia para a Determinação de Cloretos:

Material necessário

- PROVETA DE 50 mL OU PIPETA DE 50 mL
- PIPETA DE 5 mL
- BURETA DE 50 mL
- ERLLENMEYER DE 250 mL
- PISSETA COM ÁGUA DESTILADA

Reagentes

- Cromato de Potássio a 5% – PREPARO: Dissolver 5g de Cromato de Potássio (K_2CrO_4), em 100ml de água destilada
- $AgNO_3$ (Nitrato de Prata) a 0,014N – PREPARO: Dissolver 2,396g de $AgNO_3$, analítico em 1.000 mL de água destilada.

Procedimento

- Tomar numa proveta 100 mL da amostra e transferir para um erlenmeyer de 250mL;
- Adicionar 1mL do indicador Cromato de Potássio (K_2CrO_4) a 5%;
- Homogeneizar (agitar);
- Titular com Nitrato de Prata ($AgNO_3$) até a viragem da coloração amarela para a cor telha;
- Anotar o volume gasto de Nitrato de Prata ($AgNO_3$) na titulação.

Cálculo:

$$\text{Cloretos (mg/L)} = \frac{\text{Volume gasto de } AgNO_3 \text{ (mL)} * 35,5 * \text{Normalidade do } AgNO_3}{\text{Volume da amostra em litros}}$$



Metodologia para a Determinação de Alcalinidade:

Material necessário

- PROVETA DE 100 mL
- AGITADOR MAGNÉTICO (com peixinho)
- BURETA DE 50 mL
- BECKER DE 250 mL
- pHmetro

Reagentes

- Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) a 0,02 N – PREPARO: Tomar 0,6 mL de H_2SO_4 concentrado (a 96% e $d= 1,85$ g/mL) e diluir 1000 mL de água destilada.

Procedimento:

- Tomar numa proveta 100 mL da amostra e transferir para um Becker de 250 mL;
- Colocar o Becker sob o agitador magnético com o peixinho no seu interior para auxiliar na agitação e introduzir o eletrodo do pHmetro;
- Titular com ácido sulfúrico (H_2SO_4) até o pH estabilizar em 4,5;
- Anotar o volume gasto de ácido sulfúrico (H_2SO_4) na titulação.

CÁLCULO:

$$\text{Alc. Total (mgCaCO}_3\text{/L)} = \frac{\text{Volume gasto (mL)} * \text{Normalidade de } H_2SO_4 * 50000}{\text{Volume da amostra (em mL)}}$$

Metodologia para a Determinação de Sólidos Totais:

Material necessário

- PROVETA DE 100 mL
- CÁPSULA DE PORCELANA DE 150 mL
- BANHO - MARIA
- BALANÇA ANALÍTICA DE PRECISÃO
- ESTUFA DE SECAGEM
- DESSECADOR

Procedimento:

- Lavar e secar a cápsula em estufa a 103 – 105 °C por 1 hora;
- Retirar a cápsula da estufa e resfriar em dessecador por 30 minutos;
- Pesar em balança analítica e anotar o peso (chamar de P0);
- Tomar numa proveta 100 mL da amostra e transferir para a cápsula;
- Colocar no banho-maria até evaporar todo o conteúdo;
- Levar para a estufa a 103 – 105 °C e deixar por 1 hora;
- Retirar da estufa e colocar no dessecador por 30 minutos;
- Pesar em balança analítica (chamar de P1).

CÁLCULO:

$$\text{Sólidos Totais (mg/L)} = (P1 - P0) \times 10000$$

Observação: Esse fator 10000 é utilizado se o volume de amostra utilizado for igual a 100 mL.

Metodologia para a Determinação de Sólidos Sedimentáveis:

Material necessário

- CONE INMHOFF
- BASTÃO DE VIDRO
- SUPORTE PARA CONE INHOFF

Procedimento:

- Medir 1000 mL da amostra em cone inhoff;
- Deixar o material em sedimentação por 45 minutos;
- Com o auxílio de um bastão de vidro, agitar lentamente a parte superior do cone, de forma a ajudar na sedimentação dos sólidos aderidos;
- Deixar o material em sedimentação por outros 15 minutos;
- Anotar o volume de sólidos sedimentáveis, em mL/L.

APÊNDICE B – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DE IMPLANTAÇÃO

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA

CÓD. SINAPI	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	P. UNITÁRIO	P. TOTAL
C90445	RASGO EM CONTRAPISO PARA RAMAIS/ DISTRIBUIÇÃO COM DIÂMETROS MAIORES QUE 40 MM E MENORES OU IGUAIS A 75 MM. AF_05/2015	M	26,94	R\$ 18,79	R\$ 506,20
C90694	TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA. INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_06/2015	M	149,81	R\$ 23,17	R\$ 3.471,10
C89784	TE, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 50 X 50 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO. AF_12/2014	UN	4	R\$ 13,17	R\$ 52,68
C89802	JOELHO 45 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 50 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM PRUMADA DE ESGOTO SANITÁRIO OU VENTILAÇÃO. AF_12/2014	UN	15	R\$ 4,86	R\$ 72,90
C89803	CURVA CURTA 90 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 50 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM PRUMADA DE ESGOTO SANITÁRIO OU VENTILAÇÃO. AF_12/2014	UN	2	R\$ 8,88	R\$ 17,76
C74166/1	CAIXA DE INSPEÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO DN 60CM COM TAMPA H= 60CM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN	11	R\$ 173,13	R\$ 1.904,43
C91222	RASGO EM ALVENARIA PARA RAMAIS/ DISTRIBUIÇÃO COM DIÂMETROS MAIORES QUE 40 MM E MENORES OU IGUAIS A 75 MM. AF_05/2015	M	7,26	R\$ 10,01	R\$ 72,67
C87765	CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADO EM ÁREAS MOLHADAS SOBRE IMPERMEABILIZAÇÃO, ESPESSURA 4CM. AF_06/2014	M2	21,55	R\$ 38,29	R\$ 825,23
C87825	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADA MANUALMENTE NAS PAREDES INTERNAS DA SACADA, ESPESSURA DE 25 MM, SEM USO DE TELA METÁLICA DE REFORÇO CONTRA FISSURAÇÃO. AF_06/2014	M2	7,26	R\$ 46,48	R\$ 337,44
C87894	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (SEM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_06/2014	M2	7,26	R\$ 4,37	R\$ 31,73
C96129	APLICAÇÃO MANUAL DE MASSA ACRÍLICA EM SUPERFÍCIES INTERNAS DE SACADA DE EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS, UMA DEMÃO. AF_05/2017	M2	7,99	R\$ 21,84	R\$ 174,41

C88491	APLICAÇÃO MECÂNICA DE PINTURA COM TINTA LÁTEX PVA EM PAREDES, DUAS DEMÃOS. AF_06/2014	M2	7,99	R\$ 8,09	R\$ 64,61
C89170	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS, MEIA PAREDE, OU PAREDE INTEIRA, PLACAS GRÊS OU SEMI-GRÊS DE 20X20 CM, PARA EDIFICAÇÕES PÚBLICAS PADRÃO. AF_11/2014	M2	7,99	R\$ 40,46	R\$ 323,11
C84191	PISO EM GRANILITE, MARMORITE OU GRANITINA ESPESSURA 8 MM, INCLUSO JUNTAS DE DILATAÇÃO PLÁSTICAS	M2	29,63	R\$ 104,41	R\$ 3.094,09
C93358	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_03/2016	M3	25,72	R\$ 49,01	R\$ 1.260,56
C93382	REATERRO MANUAL DE VALAS COM COMPACTAÇÃO MECANIZADA. AF_04/2016	M3	25,72	R\$ 17,48	R\$ 449,59
C96617	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, ESPESSURA DE 3 CM. AF_08/2017	M2	52,56	R\$ 12,80	R\$ 672,77
MERCADO	EXECUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA (6000 LITROS)	UN	1	R\$ 2.024,12	R\$ 2.024,12
93214.1	EXECUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA (2000 LITROS) PARA TANQUE DE COAGULAÇÃO	UN	1	R\$ 1.002,54	R\$ 1.002,54
93214.1	EXECUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA (2000 LITROS) PARA TANQUE DE FLOCULAÇÃO	UN	1	R\$ 775,65	R\$ 775,65
93214.1	EXECUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA (2000 LITROS) PARA TANQUE DE DECANTAÇÃO	UN	1	R\$ 12,87	R\$ 12,87
COMP001	EXECUÇÃO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA COM CAPACIDADE DE 6000 LITROS PARA FILTRO COM AREIA, PEDRA BRITADA Nº 1 E PEDRA BRITADA Nº 4	UN	1	R\$ 2.328,26	R\$ 2.328,26
10575	OMBA CENTRIFUGA MOTOR ELÉTRICO MONOFÁSICO 0,50 CV DIÂMETRO DE SUÇÃO X ELEVACAO 3/4" X 3/4", MONOESTAGIO, DIÂMETRO DOS ROTORES 114 MM, HM/Q: 2 M / 2,99 M3/H A 24 M / 0,71 M3/H	UN	1	R\$ 1.044,95	R\$ 1.044,95
Observação: O BDI adotado foi de 22,12%, conforme recomendação do "Estudo sobre taxas referenciais de BDI de obras públicas e de equipamentos e materiais relevantes" para obras de "Construções de Edifícios".				Total sem BDI	R\$ 20.519,67
				Total do BDI	R\$ 4.538,95
				Total	R\$ 25.058,63