



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

JOÃO LUCAS FONTOURA DE OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO, TRATAMENTO E ALTERNATIVAS DE REÚSO DAS ÁGUAS
CINZAS PROVENIENTES DE UMA LAVANDERIA NA CIDADE DE PALMAS-TO.**

**Palmas
2021**

JOÃO LUCAS FONTOURA DE OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO, TRATAMENTO E ALTERNATIVAS DE REÚSO DAS ÁGUAS
CINZAS PROVENIENTES DE UMA LAVANDERIA NA CIDADE DE PALMAS-TO.**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel no curso de
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Mendes
Pedroza

**Palmas
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

D278c de Oliveira, João Lucas Fontoura
CARACTERIZAÇÃO, TRATAMENTO E ALTERNATIVAS DE
REÚSO DAS ÁGUAS CINZAS PROVENIENTES DE UMA
LAVANDERIA NA CIDADE DE PALMAS-TO / João Lucas Fontoura
de Oliveira. – Palmas, TO, 2021.
39 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2021.

Orientador: Dr. Marcelo Mendes Pedroza

1. Águas Cinzas. 2. Reúso. 3. Eficiência. I. Mendes Pedroza,
Marcelo. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).**

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOÃO LUCAS FONTOURA DE OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO, TRATAMENTO E ALTERNATIVAS DE REÚSO DAS ÁGUAS
CINZAS PROVENIENTES DE UMA LAVANDERIA NA CIDADE DE PALMAS-TO.**

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

Aprovado em: 25/06/2021

BANCA AVALIADORA



Prof. Dr. Marcelo Mendes Pedroza

Orientador



Prof. Dr^a. Helida Monique Cordasso Fagnani



Prof. MSc. Evanuzia Miranda da Silva

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sua misericórdia para com minha vida e à fé que sempre me dá forças para superar as dificuldades.

A minha amada mãe Elisângela, que nunca mediu esforços para proporcionar a mim condições em que eu pudesse buscar o conhecimento, sempre batalhou, muitas vezes cansada, porém nunca desistiu.

Aos meus demais familiares, que sempre estiveram ao meu lado.

Aos meus amigos, pois sem eles a vida acadêmica teria se tornado um fardo muito difícil de carregar.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Mendes Pedroza, por sua paciência, gentileza e simpatia. Agradeço por partilhar comigo seu conhecimento sem vaidade.

Ao IFTO, por todas as condições proporcionadas nessa caminhada.

A responsabilidade de todos é o único
caminho para a sobrevivência humana.

Dalai Lama.

RESUMO

As águas cinzas de máquinas de lavanderias são efluentes resultantes dos processos de lavagem gerados em elevados volumes, que podem de alguma forma serem reaproveitados em algum momento, se tratados de maneira correta. Este estudo caracterizou amostras de água cinza gerada em uma lavanderia em Palmas-TO e aplicou processos de tratamento de coagulação/floculação/decantação/filtração, analisando a eficiência do tratamento e as possibilidades de reúso do efluente tratado. Foram executados ensaios de bancada simulando um processo de tratamento de águas cinza: coagulação, floculação, decantação e filtração em filtro de areia através do equipamento Jar-Test com uso do coagulante sulfato de alumínio e foram analisadas as normativas em que se baseia a possibilidade do reúso. Na caracterização da amostra tratada obteve-se os seguintes resultados: pH (6,0), temperatura (25,2°C), turbidez (4,5uT), DQO (99 mg/L) e alcalinidade (90,2 mg/L). Os resultados confirmaram as possibilidades de reúso das águas cinzas estabelecidos por normativas para economia de água dentro de uma lavanderia.

Palavras-chave: Águas Cinzas, Reuso. Eficiência.

ABSTRACT

The greywater from laundry machines is effluent resulting from the generation processes generated in high volumes, which can somehow be reused at some point, if treated correctly. This study was characterized from gray water generated in a laundry in Palmas-TO and applied processes of coagulation/flocculation /decantation/ filtration, analyzing the treatment efficiency and possibilities of reusing the treated effluent. Bench tests simulating a gray water treatment process were classified: coagulation, flocculation, decantation and filtration in a sand filter through the Jar-Test equipment using aluminum sulphate coagulant and were analyzed as regulations on which the possibility of reuse. In the characterization of the treated sample, the following results were obtained: pH (6,0), temperature (25,2°C), turbidity (4,5uT), COD (9,0 mg/L) and alkalinity (90,2 mg/L). The results confirmed as possibilities for the reuse of gray water raised by regulations to save water inside a laundry.

Keywords: Gray Waters, Reuse, Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de Reúso segundo Westerhoff (1984).	11
Figura 2 - Roupa com mancha provocada pela presença de ferro e manganês na água de abastecimento em Balneário Comboriú.	15
Figura 3 - Biofilme de Escherichia coli em microscopia eletrônica de varredura.	16
Figura 4 - Processo mecanizado de máquinas de lavar	17
Figura 5 – Considerações para estimar custos em sistemas de reúso.	22
Figura 6 – Esquema de desenvolvimento da metodologia.	23
Figura 7 - Equipamento “Jar test”	25
Figura 8 – Filtro de areia descendente	26
Figura 9 – Sistema individualizado de consumo	27
Figura 10 – Hidrômetro individualizado	28
Figura 11 –Eficiência de remoção de parâmetros após a coagulação/floculação/decantação.	31
Figura 12 - Eficiência de remoção de parâmetros após filtração.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos e compostos orgânicos encontrados em águas cinzas de máquina de lavar roupas.....	17
Tabela 2 - Alguns parâmetros de qualidade da água conforme SINDUSCON e NBR 13.969/1997.	19
Tabela 3 – Consumo diário de empresa de lavagem de roupas.	28
Tabela 4 – Caracterização de água cinza bruta	29
Tabela 5 – Caracterização da amostra de cinza coagulada.....	29
Tabela 6 – Caracterização de amostra de água cinza filtrada.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnica
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
pH	Potencial Hidrogeniônico
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
THM	Trihalometanos
ND	Não detectado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. JUSTIFICATIVA	9
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo Geral.....	10
2.2. Objetivos Específicos	10
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
3.1. Reúso de Água	10
3.1.1 Definição	10
3.2. Água cinza	12
3.2.1 Características Físicas.....	13
3.2.2 Características Químicas.....	14
3.2.3 Características Microbiológicas	16
3.2.4 Águas cinzas de máquinas de lavar	16
3.3. Legislação e normas técnicas	18
3.4. Método de Tratamento de água	20
3.4.1 Tratamento físico	20
3.4.2 Tratamento químico	21
3.4.3 Tratamento biológico	21
3.5. Processos e viabilidade econômica.....	21
3.5.1 Aspectos relevantes para estimar custos.....	21
3.5.2 Ciclos de reciclagem.....	22
4. MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1. Coleta da amostra	23
4.2. Caracterização do efluente bruto.....	23
4.3. Tratamento.....	24
4.3.1 Coagulação/floculação/decantação	24
4.3.2 Filtração direta descendente.....	25
4.3.3 Desinfecção	25
4.4. Caracterização do efluente tratado.....	26
4.5. Comparativo de resultados com normativas.....	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
5.1. Quantificação da produção de água cinza de uma empresa que presta serviço de lavagem de roupas	27

5.2. Caracterização da água cinza de lavanderia	28
5.3. Avaliação da eficiência do tratamento de águas cinzas utilizando filtração direta associada a processos químicos de tratamento de água.	31
5.4. Estudo do reúso de águas cinza tratada.....	32
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	35

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem universal, uma fonte de energia renovável indispensável para a vida no planeta, todo modo de vida na terra depende de maneira direta desse bem. Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (*World Water Development Report*, 2019) a utilização da água tem crescido no mundo cerca de 1% ao ano desde os anos 80, impulsionada por uma combinação de crescimento populacional, desenvolvimento e mudança dos padrões de consumo.

Estima-se que a demanda global de água continue aumentando a uma taxa semelhante até 2050, respondendo por aumento de 20 a 30% acima do nível atual de uso da água, principalmente devido à demanda crescente nos setores, industriais e domésticos. Mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países com alto índice de estresse hídrico e cerca de 4 bilhões de pessoas sofrem com a escassez severa de água durante pelo menos um mês do ano, esses níveis críticos continuarão aumentando à medida que a demanda por água crescer e os efeitos das mudanças climáticas se intensificarem.

No Brasil a temática que refere-se a utilização racional da água, tem caráter de preocupação a nível nacional. O Ministério da Saúde em sua publicação no material de Vigilância e Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano no Brasil expõe que os potenciais de água doce são extremamente favoráveis para os diversos usos, no entanto, as características de recurso natural renovável, em várias regiões do país, têm sido drasticamente afetadas, pois a aceleração dos processos de urbanização e o aumento do número de indústrias não tem levado em conta a capacidade suportável dos ecossistemas. (REBOUÇAS, 1997, p.129).

O Tocantins é um estado privilegiado quando se trata de disponibilidade hídrica. Conforme consta no Caderno da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia do Ministério do Meio Ambiente (2006), a região hidrográfica do Tocantins-Araguaia é a segunda maior região brasileira em termos de disponibilidade hídrica, apresentando 13.624 m³/s de vazão média (Q), equivalente a 9,6 % do total do País, observando essa abundância de água, fica evidente a necessidade de preservação dessa água para as futuras gerações por meio do uso racional.

Nesse contexto global e nacional da escassez de recursos hídricos, observa-se a necessidade do reúso de água, seja para fim potável direto e indireto ou reúso não potável. Reutilizar é uma opção correta do ponto de vista ambiental, já que contribui para diminuição da captação e consequente redução nas vazões de lançamento de efluentes levando sempre em conta os padrões de qualidade e saúde pública.

De acordo com Mancuso e Santos (2003) o termo água de reúso passou a ser utilizado com maior frequência na década de 1980, quando as águas de abastecimento foram se tornando cada vez mais caras, onerando o produto final quando usadas em processos de fabricação. As indústrias passaram então a procurar dentro de suas próprias produções a solução para o problema, tentando reaproveitar ao máximo seus próprios efluentes.

Para Oteng-Pepurah et al. (2018, p. 2) a reutilização de águas cinzas tem sido considerada como um método confiável de garantir a segurança da água em comparação com outros métodos de captura de água, como a captação de água da chuva que depende das condições hidrológicas.

Nesse trabalho foi realizado o tratamento de águas cinzas provenientes de uma lavanderia através de processos sistêmicos de coagulação, floculação, decantação e filtração.

1.1. JUSTIFICATIVA

A água cinza é um produto inevitável do processo de lavagem de roupas em lavanderias. Este resíduo apresenta uma alta carga de matéria orgânica dissolvida, bem como uma alta concentração de produtos químicos, devido aos sabões empregados que contém uma quantidade considerável de Sódio, Fosfato, Boro, Surfactantes, Amônia e Nitrogênio. A incorreta disposição das águas cinzas podem ainda causar riscos ambientais insustentáveis, por exemplo, o fósforo pode acelerar a eutrofização da água doce (Koopmans, 2002), metais podem causar toxicidade aquática e produtos químicos orgânicos podem se tornar persistentes e bioacumuláveis no ambiente (Fleeger et al., 2003). Por apresentarem sólidos em suspensão e turbidez elevada, a demanda por oxigênio do efluente produzido é relativamente alta, as águas cinzas podem até mesmo causar danos à saúde pública.

Por esses motivos, os geradores de água cinza necessitam de estudos que visam tratar seus efluentes de maneira sustentável e que seja atrativo do ponto de vista econômico.

2.OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade de reúso de água cinza em uma lavanderia, submetendo-a um tratamento de filtração direta em areia seguida de desinfecção.

2.2. Objetivos Específicos

- a) Quantificar a produção de água cinza de uma empresa que presta serviço de lavagem de roupas.
- b) Caracterizar, sob o ponto de vista físico, químico e microbiológico, as águas cinzas.
- c) Avaliar o desempenho e a eficiência de uma estação compacta de tratamento de águas cinza, utilizando filtração direta associada a processos químicos de tratamento de água.
- d) Definir para quais fins essa água pode ser utilizada.

3.REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Reúso de Água

O reúso de água cinza tem por finalidade a economia de água potável para usos diversos, desta forma há muitas definições quando se trata do conceito de reúso de água, muito embora todos esses conceitos busquem por mecanismos sustentáveis de benefício social e conservação da água.

3.1.1 Definição

Rapoport (2004) define reúso de água como o aproveitamento de águas já utilizadas em atividades humanas em algum momento, uma ou mais vezes, para

suprir as necessidades de outros usos benéficos. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não.

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005, p. 136) o reúso de água é a utilização do efluente tratado ou não, para fins benéficos, tais como fins não potáveis, irrigação e uso industrial.

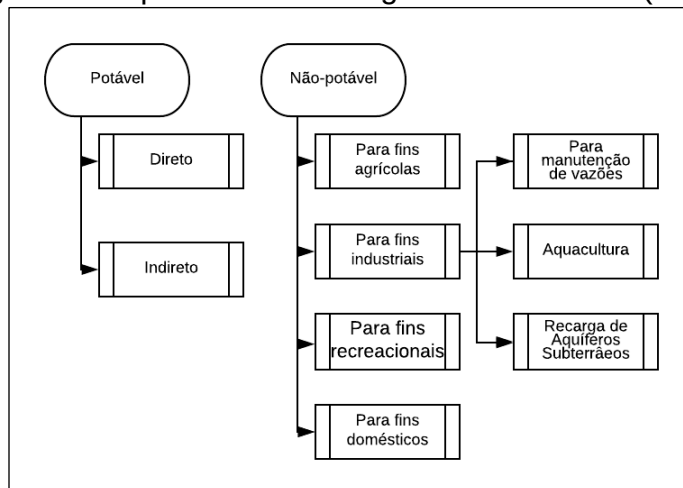
Tendo em vista as necessidades diversas do reúso da água, podemos observar que para cada modalidade de reúso deve-se considerar as características próprias de utilização, por tanto, a adequação sempre será um aspecto importante quando se trata da correta reutilização da água de reúso. (TELLES e COSTA, 2007, p. 172)

A Organização Mundial da Saúde (1973), define reúso como:

- Reúso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante de forma diluída;
- Reúso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;
- Reciclagem interna: é o reúso da água internamente a instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Westerhoff (1984) *apud* (Muffareg, 2003, p. 17) cita dentro dos conceitos de reúso de água, a diferenciação entre o uso potável e o não potável conforme a Figura 1:

Figura 1 – Tipos de Reúso segundo Westerhoff (1984).



Fonte: Próprio Autor

Segundo Cunha (2008, p. 20), no reúso de água é fundamental o devido planejamento no intuito de sempre manter a água de reúso não potável fora de contato com a água potável, bem como garantir a segurança sanitária através de processos rigorosos. De acordo com o mesmo autor são citadas algumas vantagens e desvantagens no reúso de águas residuárias.

Vantagens:

- a) Diminuição das descargas de esgoto em corpos hídricos;
- b) Recuperação e economia de água;
- c) Preservação dos recursos subterrâneos.

Desvantagens ou Limitações:

- a) Riscos associados a saúde humana;
- b) A aceitabilidade por parte da opinião pública;
- c) Os impactos referentes ao tratamento e a concentração de poluentes.

3.2. Água cinza

As águas cinzas são efluentes provenientes de lavanderias, banheiros e chuveiros e podem entrar em sua composição, águas residuais de cozinha de pias e lavadeira de louças. (TURNER, 2017, p. 25).

Birks e Hills (2007) sugeriu ainda a conceituação de dois tipos de águas cinzas: águas cinzas claras, advindas de pias de banheiro, banheiro em geral e chuveiros. Já as águas cinzas escuras, produzidas a partir da lavagem de roupas, lavadeiras de louça e em alguns casos pias de cozinha. As águas cinzas independente de sua origem, são compostas normalmente por elevadas concentrações de produtos químicos derivados de detergentes, sabões e amaciantes, bem como produtos para cuidados pessoais como produtos farmacêuticos e cosméticos (Christova-Boal et al., 1996; Eriksson et al., 2002; Eriksson et al., 2003) *apud* (Turner, 2017, p. 25). Estes produtos químicos incluem cátions e ânions, nutrientes, incluindo fósforo e nitrogênio, metais e metalóides, bem como produtos químicos orgânicos. Devido à natureza das águas cinzas, a concentração de produtos químicos depende muito de qual a fonte da água residual. Por exemplo, águas residuais de máquinas de lavar roupa

(especialmente a descarga de primeiro ciclo) como fonte de água cinza, possui maiores concentrações de produtos químicos em oposição a último ciclo de enxágue (Stevens et al., 2011; SA DoH, 2012) *apud* (Turner, 2017, p. 32), podendo esses valores serem alterados ao se utilizar produtos amaciantes no último ciclo de enxágue.

A concentração orgânica da água cinza é semelhante à água residual de esgoto, porém sua natureza química é diferente. Também, a água cinza é relativamente baixa em sólidos em suspensão, indicando que os contaminantes são predominantemente dissolvidos (AL-JAYYOUSI, 2003) *apud* (WILTSHIRE, 2005, p. 26).

Para Birks e Hills (2007) se a água cinza for para fim de reutilização, é fundamental o tratamento biológico para reduzir a contaminação, pois nas águas cinzas observa-se altos níveis de microrganismos e DBO. A desinfecção também é essencial para eliminar patógenos e minimizar o crescimento de biofilme (coleção de microrganismos) em tubulações.

3.2.1 Características Físicas

Segundo Piveli (2006, p. 1) as características físicas apesar de serem parâmetros físicos, são indicadores elementares importantes na caracterização química da água como, por exemplo, a quantidade de sólidos em suspensão (relacionados à turbidez) e as concentrações de sólidos dissolvidos (relacionados à cor), os sólidos orgânicos (voláteis) e os sólidos minerais (fixos), os compostos que produzem odor, entre outros. As características principais são:

- **Turbidez:** Refere-se a presença de partículas em suspensão e em estado coloidal, essa característica é bastante relacionada a eficiência em processos de desinfecção.
- **Cor:** É a característica decorrente da presença de matéria orgânica, a sua remoção em processos de tratamento é importante, pois tais substâncias podem promover a formação de trihalometanos (THM) se associadas a desinfecções com cloro livre, esse composto está associado ao desenvolvimento de cânceres no sistema digestivo.
- **Temperatura:** Parâmetro que interfere diretamente na eficiência de processos de desinfecção e nas reações de hidrólise de coagulantes. (DI BERNARDO

et. al 2005).

- **Condutividade elétrica:** Está relacionado ao teor de salinidade, e denota o potencial da água de transmitir a corrente elétrica conforme da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. A condutividade está relacionada com o teor de sais dissolvidos, ou seja, com os íons presentes na solução (BACHER, et al. 2017).

3.2.2 Características Químicas

As características químicas da água são de fundamental importância, pois a composição química pode impossibilitar a utilização ou limitar o tipo de uso. Algumas dessas características são:

- **pH:** É o potencial hidrogeniônico, que representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução, ou seja, indica a acidez da solução. O pH varia numa escala de 0 a 14, onde águas abaixo de 7 são consideradas ácidas e águas com pH 7, neutras. O conhecimento desse parâmetro é de fundamental importância nos laboratórios, principalmente nos processos de tratamento, pois a variação do pH interfere diretamente nos processos de coagulação e floculação da água e também o controle da desinfecção. (BRASIL, 2006)
- **Dureza:** A dureza total é a adição das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio. A dureza temporária, também chamada de dureza de carbonatos, é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio. A dureza permanente é devida à presença de cloretos, sulfatos e nitratos de cálcio e magnésio. A portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde define o valor de 500 mg/L em termos de CaCO_3 como o valor máximo permitido para água potável. (BRASIL, 2006)
- **Cloretos e Sulfatos:** São caracterizados como os sólidos totais dissolvidos, o sulfato deve ser controlado pois seu excesso, causa problemas laxativos em casos de consumo humano e corrosão em canalizações de esgoto de concreto. Bazzarella (2005, p. 112) esclarece que os cloretos são encontrados nas águas de abastecimento devido a adição de cloro nos processos de tratamento, sua presença pode influenciar na determinação da DQO e, embora esta interferência seja atenuada pela adição de sulfato de mercúrio.

Quantidades elevadas de cloretos podem causar complicações cardíacas e renais (DIBERNADO, *et al.* 2005)

- **Ferro e Manganês:** A presença de ferro solúvel na água está ligada a presença de bicarbonatos e cloretos, esses compostos quando oxidados podem provocar mancha em roupas (Figura 2) e proporcionar o crescimento da bactéria *Chrenotrix*. A presença de manganês pode ainda dificultar processos de coagulação. (DIBERNANDO, *et al.* 2005)
- **Alcalinidade:** Pode ser estabelecida como seu potencial de reagir quantitativamente com um ácido forte até um certo valor de pH. Altos valores de alcalinidade são relacionados à decomposição da matéria orgânica e à elevada taxa respiratória de micro-organismos, com liberação e dissolução do gás carbônico na água. (BRASIL, 2014, p. 21)

Figura 2 - Roupas com mancha provocada pela presença de ferro e manganês na água de abastecimento em Balneário Comboriú.



Fonte: Jornal página 3, Balneário Comboriú (2018)¹

- **Nitritos e Nitratos:** O nitrito normalmente é encontrado em reduzidas quantidades nas águas superficiais e subterrâneas. A presença do íon nitrito indica a presença de processos biológicos ativos, acarretada por poluição orgânica (Bastos, 2007 *apud* Kindley, 2010). Os nitratos representam umas das maiores fontes de íons naturais da água. A superfluidade de nitrato na água potável causa potencial risco a saúde, tais como: o aumento da

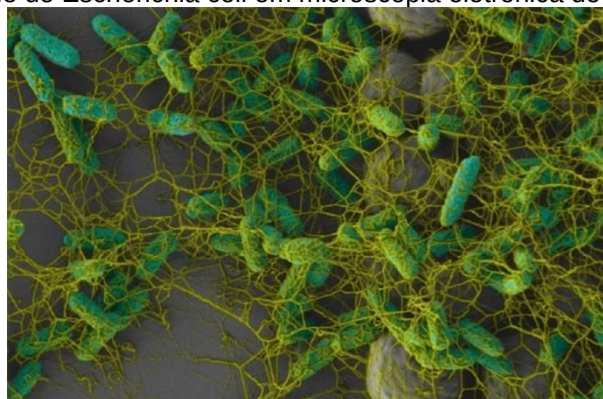
¹ Disponível em: <<https://www.pagina3.com.br/cidade/2018/ago/20/1/moradores-estao-revoltados-com-a-qualidade-da-agua-em-balneario-camboriu>>

metemoglobina no sangue, tanto em adultos com determinada deficiência enzimática, ou bebês recém-nascidos; aumento na incidência de câncer de estômago (BAIRD, 2002).

3.2.3 Características Microbiológicas

May (2009, p. 67) cita a presença de microrganismos potencialmente prejudiciais como sendo indicada pela medição dos coliformes fecais. A bactéria *Escherichia Coli* (Figura 3) é comumente utilizada como indicador de contaminação fecal. Esses microrganismos indicam a presença de patógenos intestinais como *Salmonella* ou vírus entéricos e são usados como indicador de poluição. EMMERSON (1998) *apud* WILTSHIRE (2005, p. 23).

Figura 3 - Biofilme de *Escherichia coli* em microscopia eletrônica de varredura.

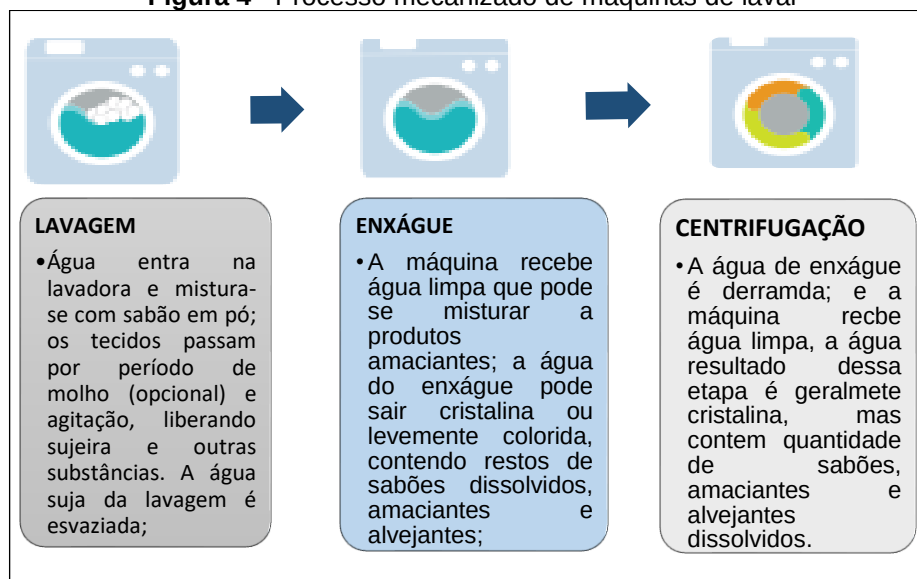


Fonte: Site Luciacangussu²

3.2.4 Águas cinzas de máquinas de lavar

Segundo Gervine (1995) *apud* Leão et al. (2010) o processo de lavagem de roupas consiste na total higiene por meio da eliminação das partículas de sujeira fixadas no tecido, restaurando e trazendo ao tecido um nível bacteriológico aceitável. As etapas de funcionamento de lavadoras consiste num processo mecanizado que produz águas cinza de diversas qualidades e aspectos visuais. Em geral, as máquinas de lavar funcionam em 3 etapas, conforme mostra a (Figura 5).

² Disponível em: <<https://www.luciacangussu.bio.br/wp-content/uploads/2016/10/atlas-e-coli-biofilme.jpg>>

Figura 4 - Processo mecanizado de máquinas de lavar

Fonte: Adaptado de IPT (2016)

Segundo May 2009, há grande variação nos valores de turbidez quando se compara os ciclos de lavagem de uma máquina de lavar, a Tabela 1 apresenta os parâmetros físico-químicos encontrados nas águas cinzas analisadas após o processo de lavagem.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos e compostos orgânicos encontrados em águas cinzas de máquina de lavar roupas.

Parâmetro	Lavagem	1º Enxágue	2º Enxágue
DQO (mg/L)	432-870	72 - 196	15 - 159
DBO (mg/L)	142-302	31 - 72	6 - 66
Coliformes Totais (NMP/100mL)	$1,6 \times 10^3$ - $1,6 \times 10^4$	400 - $1,6 \times 10^4$	110 - 800
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	$1,6 \times 10^3$ - $1,6 \times 10^4$	2 - 30	2 - 3
pH	8,8 - 9,6	7,3 - 8,1	6,8 - 7,2
Alcalinidade (mg/L)	9,0 - 26,0	2,0 - 7,0	1,0 - 5,0
Condutividade (μ S/cm)	102 - 270	110 - 210	75 - 132
Dureza (mg/L)	5,9 - 24,0	2,8 - 14,0	2,3 - 9,2
Cálcio (mg/L)	5,1 - 15,6	2,3 - 9,2	2,0 - 6,0
Magnésio (mg/L)	0,8 - 2,0	0,5 - 1,7	0,5 - 0,8
Cor Aparente (μ C)	30 - 700	26-162	24-60
SST (mg/L)	46-200	10 - 36	0 - 24
ST (mg/L)	810 - 1430	120 - 430	30 - 240
SDT (mg/L)	764 - 1357	104 - 396	26 - 216
Turbidez (UNT)	15 - 55	7 - 45	3 - 12
Cloretos (mg/L)	8,0 - 30,0	8,0 - 15,0	7,0 - 9,0
Sulfatos (mg/L)	50,0 - 440,0	30,0 - 50,0	10,0 - 50,0
Óleos e graxas (mg/L)	44,0 - 68,0	24,0 - 56,0	20,0 - 48,0

Fonte: Adaptado de MAY (2009).

3.3. Legislação e normas técnicas

A regulamentação quando se trata especificamente da reciclagem de águas cinzas ainda se mostra muito ausente, muito embora haja algumas leis no âmbito nacional que incentivam a preservação da água e o incentivo tecnológico para métodos de conservação da água. A principal lei que veio tratar da questão dos recursos hídricos no Brasil foi a Lei Nº 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recurso Hídricos. (MANCUSO e SANTOS, 2003)

O principal aspecto quando se trata do reúso de água, é referente ao tipo de uso para qual essa água será destinada, a NBR 13.969/2007 apresenta uma classificação da água de reúso em classes baseadas no tipo de utilização de acordo com o (Quadro 1).

Quadro 1 - Classe das águas de reúso NBR 13.969/2007

CLASSE	USO PREPONDERANTE
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes;
Classe 2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes;
Classe 3	Reúso nas descargas dos vasos sanitários; normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão;
Classe 4	Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Fonte: Adaptado da NBR 13.969/2007.

Já o SINDUSCON-SP em seu Manual de Conservação e reúso de água em edificação classifica os padrões de reúso conforme o (Quadro 2).

Quadro 2 - Classe das águas de reúso SINDUSCON-SP

CLASSE	USO PREPONDERANTE
Classe 1	Os usos preponderantes para as águas tratadas desta classe, nos edifícios, são basicamente os seguintes: descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água etc.); lavagem de roupas e de veículos.
Classe 2	Os usos preponderantes nessa classe são associados às fases de construção da edificação: lavagem de agregados; preparação de concreto.

Classe 3	Irrigação de áreas verdes e rega de jardins.
Classe 4	Resfriamento de equipamentos de ar-condicionado (torres de resfriamento)

Fonte: Adaptado de SINDUSCON-SP (2005).

Quanto aos padrões de qualidade das águas, as duas normativas citadas anteriormente apresentam alguns valores que se diferem, esses valores são indicados na Tabela 2.

Tabela 2 - Alguns parâmetros de qualidade da água conforme SINDUSCON e NBR 13.969/1997.

Classes		Parâmetros		
SINDUSCON (2005)	pH	Turbidez (uT)	Cloro residual	Coliformes fecais
Classe 1	6,0 e 9,0	≤ 2	-	Não detectáveis
Classe 2	6,0 e 9,0	-	-	≤ 1000
Classe 3	6,0 e 9,0	< 5	≤ 1	≤ 200
Classe 4	5,0 e 7,2	-	-	2,2
NBR 13.969/1997				
Classe 1	6,0 e 8,0	< 5	0,5 e 1,5	< 200
Classe 2	-	< 5	> 0,5	< 500
Classe 3	-	< 10	-	< 500
Classe 4	-	-	-	< 5000

Fonte: SINDUSCON - Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo - Manual de Conservação e reúso de água em edificação (2005)

A resolução Nº 54, DE 28 DE NOVEMBRO DE 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, cita em seu Art. 9º que a atividade de reúso de água deverá ser informada, quando requerida, ao órgão gestor de recursos hídricos, para fins de cadastro, devendo contemplar, no mínimo: Identificação do produtor, distribuidor ou usuário; Localização geográfica da origem e destinação da água de reúso; Especificação da finalidade da produção e do reúso de água e vazão e volume diário de água de reúso produzida, distribuída ou utilizada.

No Distrito Federal, a Lei nº 5890 de 06 de junho de 2017 regulamenta e traz diretrizes no uso de água não potável. O seu Art 4º descreve que o uso de água não potável em edificações se destina a: irrigação paisagística; uso ornamental, em espelhos d'água e chafarizes, entre outros; sistemas de combate a incêndios; descargas sanitárias; lavagem de pisos, fachadas, veículos e roupas; resfriamento de equipamentos e de ar-condicionado central.

3.4. Método de Tratamento de água

O tipo de tratamento de água cinza é conforme a finalidade para a qual se deseja o reúso, levando sempre em conta as características iniciais do efluente bruto (MANCUSO e SANTOS, 2003).

Os métodos de tratamento aplicados as águas cinzas inclui sistemas de tratamento físicos, químicos e biológicos. Em geral, esses métodos são precedidos por uma etapa de separação sólido-líquido como pré-tratamento e seguidos por uma etapa de desinfecção como pós-tratamento. A etapa de desinfecção é usada para atender os requisitos microbiológicos. As técnicas de tratamento de água cinza variam de mecanismos simples de baixo custo que desviam a água cinza com fim de reutilização, para tratamentos complexos processos que incorporam tanques de sedimentação, biorreatores, filtros, bombas e desinfecção. (PSDP, 2005)

3.4.1 Tratamento físico

Para DiBernardo *et. al.*, (2005) o método de filtração direta pode ser compreendido como a retirada de partículas suspensas, coloidais e de microrganismos presentes na água, por meio de sua passagem através de materiais permeáveis, esses materiais incluem areia grossa, solo e filtração por membrana, seguidos principalmente por uma etapa de desinfecção. Alguns materiais utilizados em filtração direta de águas cinzas são citados no (Quadro 3).

Quadro 3 - Materiais utilizados em filtração direta de águas cinzas

REFERÊNCIA	MATERIAL
Chiemchaisri et al. (1992)	Reator biológico de membrana (MBR)
March et al. (2004)	Filtro de nylon
Itayama et al. (2004)	Filtro inclinado de solo
Ramon et al. (2004)	Membrana de nanofiltração.

Fonte: Adpatado de PSDP (2005)

Os filtros de areia são usados sozinhos ou em combinação com a desinfecção ou com carvão ativado e desinfecção. Utilizados como um único estágio de tratamento, os filtros de areia fornecem uma filtragem grossa da água cinzenta assim, os filtros de areia produzem tratamento limitado para substâncias orgânicas, turbidez e sólidos em suspensão (Pidou et al., 2007 *apud* Abraham et al. 2017) por isso, é

importante ressaltar que somente os métodos físicos não são suficientes para tratamentos e reutilizações de águas cinzas.

3.4.2 Tratamento químico

As principais tecnologias de tratamento químico são: (i) oxidação fotocatalítica por meio do uso de dióxido de titânio (7502) e UV; (ii) coagulação, floculação e/ filtragem de areia e adsorção com base em carbonos granulados ativados; e (iii) eletrocoagulação e desinfecção. Geralmente as tecnologias químicas produzem resultados com baixo tempo de detenção hidráulica (TDH) quando comparadas a outros tratamentos (PSDP, 2005).

3.4.3 Tratamento biológico

Os processos biológicos são frequentemente precedidos por um pré-tratamento físico, como triagem e desinfecção. A literatura mostra uma diversidade de tecnologias utilizadas nos tratamentos biológicos, tais como: tratamento biológico com uso de biodisco (May, 2009); contadores biológicos rotativos combinados (RBC) (Friedler et al. (2005) *apud* PSDP, 2005); pantanal construído com fluxo vertical reciclado (Gross et al. 2007 *apud* PSDP, 2005);

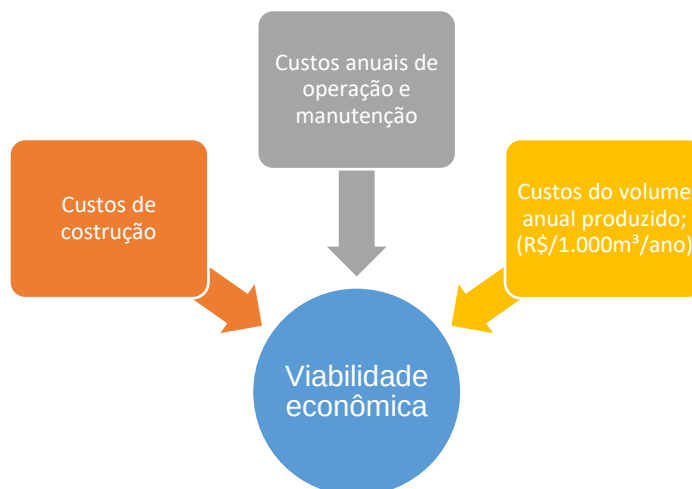
3.5. Processos e viabilidade econômica

Segundo o US Army Corps of Engineers (1986), um sistema de reciclagem de águas residuais para lavanderia através de coagulação e filtração, é um método viável de tratar efetivamente as águas residuais da lavanderia para reciclagem.

3.5.1 Aspectos relevantes para estimar custos

Mancuso e Santos (2003) avalia que os custos de um sistema de reúso devem ser quantificados pela análise da configuração de instalação, finalidade de reúso e o perfil do sistema selecionado, considerando as seguintes premissas (Figura 6):

Figura 5 – Considerações para estimar custos em sistemas de reúso.



Fonte: Autor adaptado Mancuso e Santos (2003)

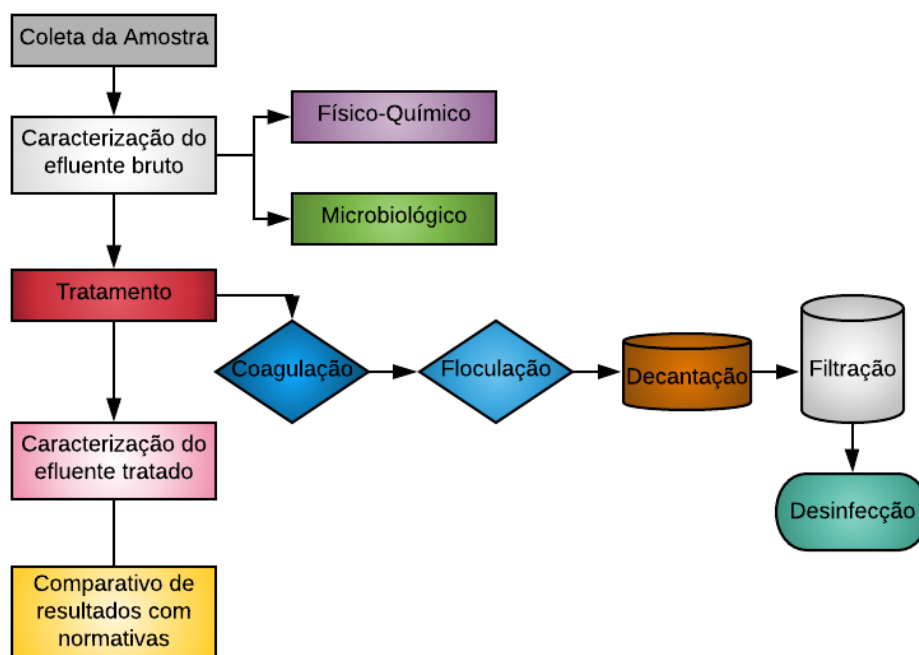
A estimativa de receita esperada deve contemplar um período de tempo específico, para assim se fazer possível apontar o equilíbrio entre receita/despesas de projeto.

3.5.2 Ciclos de reciclagem

Os ciclos de reciclagem referem-se a quantidade de vezes que a água pode ser reutilizada em um mesmo sistema de reúso, quando a água é reciclada várias vezes, o nível de dureza do cálcio aumenta ocasionando a falta de espuma no processo de lavagem, comprometendo a eficiência da limpeza da roupa, consequentemente a reciclagem deve ser encerrada e o sistema alimentado com água da rede. US ARMY CORPS OF ENGINEERS (1986)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Com a finalidade de se concretizar os objetivos dessa pesquisa, realizou-se uma pesquisa do tipo aplicada, explicativa e experimental, estabelecendo dois tópicos a serem analisados no decorrer das atividades práticas: (a) caracterização e tratamento da água cinza (b) avaliação da qualidade da água produzida. Serão apresentadas a seguir todas as metodologias utilizadas na concretização dos objetivos dessa pesquisa. A metodologia seguiu o seguinte esquema (Figura 7):

Figura 6 – Esquema de desenvolvimento da metodologia.

Fonte: Autor (2019)

4.1. Coleta da amostra

As amostras coletadas dos ciclos de lavagem e enxágue bem como os dados de consumo, foram fornecidos pela empresa Art de Lavar – Água Limpa Lavanderia Ltda – Me, inscrita no CNPJ 08.027.671/0001-58, esta que atua no mercado de Palmas-TO a mais de 10 anos e possui endereço fixo na Quadra 208 Sul, Avenida LO-3, Lote 12, Loja 02, Plano Diretor Sul, CEP-77020-54.

4.2. Caracterização do efluente bruto

Os ensaios de caracterização executados no laboratório do IFTO-Campus Palmas, teve como objetivo a caracterização do efluente. Os parâmetros bem como o método de obtenção dos respectivos valores serão os apresentados no Quadro 4

Quadro 4 – Parâmetros analisados na caracterização

Parâmetro	Método
Alcalinidade ($\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$)	Potenciométrico e Titulométrico
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S. Cm}^{-1}$)	Condutivímetro

pH	Eletrométrico
Sólidos fixos (mg/L)	Gravimetria
Sólidos totais (mg/L)	Gravimetria
Sólidos Voláteis* (mg/L)	Gravimetria
Temperatura (°C)	Eletrométrico
Turbidez (uT)	Nefelométrico
DQO	Espectrofotométrico

Fonte: Autor (2019)

4.3. Tratamento

O método de tratamento adotado nessa pesquisa foi dividido em duas etapas, a saber: (a) processo de coagulação/floculação/decantação e (b) filtração do efluente bruto do sistema de coagulação em filtro de areia descendente e posteriormente desinfecção.

4.3.1 Coagulação/floculação/decantação

Os ensaios de coagulação/floculação/decantação foram realizados no aparelho “Jar Test”, marca Ethiktechnology, modelo 218-3LDB (Figura 7). Para o processo de mistura rápida foi aplicado velocidade igual a 165 rpm por 5 minutos e mistura lenta velocidade de 32 rpm e tempo de mistura de 30 minutos e aproximadamente 1 hora de tempo de decantação.

Segundo Lôbo 2019, a utilização do sulfato de alumínio (1%) com correção de pH produz os melhores resultados na remoção dos poluentes em tratamento de efluentes. Por tanto para essa pesquisa foi utilizado como coagulante químico o sulfato de alumínio.

Figura 7 - Equipamento “Jar test”.



Fonte: Autor (2019)

4.3.2 Filtração direta descendente

A filtração foi realizada em um filtro de areia descendente com dimensões, de 10 cm de diâmetro e camadas de 10 cm de areia fina, 10 cm de areia média e 20 cm de camada suporte com brita. A caracterização do material filtrante seguirá os padrões especificados pela NBR 13969:1997 (ABNT). O filtro será submetido a uma taxa de aplicação superficial de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$ de acordo com Melo (2014). O efluente foi bombeado para um reservatório superior. Após esse procedimento o mesmo foi transportado por gravidade para o filtro de areia.

4.3.3 Desinfecção

Com objetivo de eliminar os microrganismos patogênicos do efluente já tratado, será utilizado o método de cloração direta no processo de desinfecção.

Figura 8 – Filtro de areia descendente



Fonte: Autor (2019)

4.4. Caracterização do efluente tratado

A caracterização do efluente tratado será semelhante a caracterização do efluente bruto.

4.5. Comparativo de resultados com normativas

Será verificado se o método escolhido para tratamento atende as recomendações da NBR 13969/1997 e SINDUSCON (2005), com a apresentação de comparativos entre qualidade da água produzida e padrões especificados por normas.

5.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados das análises realizadas no intuito de se avaliar a eficiência no tratamento das águas cinzas de lavadeira. As análises desta avaliação foram realizadas no período de abril de 2021. Durante este período constatou-se através da pesquisa de campo uma redução considerável na produtividade de trabalho da lavanderia em virtude da pandemia do corona vírus.

5.1. Quantificação da produção de água cinza de uma empresa que presta serviço de lavagem de roupas

A lavanderia em estudo utiliza um sistema individualizado de consumo de água para as máquinas de lavagem em virtude do alto volume diário de água consumido. O sistema conta com uma caixa d'água de 3.000 litros com medição individualizada (Figura 9) instalada na área externa das instalações físicas da empresa.

Figura 9 – Sistema individualizado de consumo



Fonte: Autor

O volume foi quantificado durante 5 dias úteis onde obteve-se a diferença aferida no hidrômetro individualizado (Figura 10) a cada manhã no início de funcionamento da empresa. Os resultados são foram computados na Tabela 3:

Tabela 3 – Consumo diário de empresa de lavagem de roupas.

Dia	Medição (m³)	Consumo (m³)
1º	1894,64	-
2º	1897,32	2,68
3º	1899,06	1,74
4º	1901,6	2,54
5º	1904,5	2,9
6º	1907,08	2,58
7º	1909,14	2,06

Fonte: Autor

Figura 10 – Hidrômetro individualizado

Fonte: Autor.

Observando os resultados de consumo, constata-se que o volume da água produzido em uma empresa de lavagem é elevado, gerando para o empreendedor um custo oneroso apenas com a água demandada nos processos de lavagem, desta forma fica evidente a preocupação com as alternativas de reuso das águas cinzas e suas possibilidades de tratamento.

5.2. Caracterização da água cinza de lavanderia

Após a coleta procedeu-se caracterização da amostra de água cinza bruta, água cinza decantada do processo de coagulação/floculação/decantação e água cinza filtrada. Os ensaios realizados no laboratório do IFTO, levou em consideração as variáveis analíticas: Temperatura (°C), pH, Turbidez (uT), Alcalinidade

(mgCaCO₃/L), Condutividade (μS/cm), DQO (mg/L), Sólidos Totais (mg/L), Sólidos Fixos (mg/L) e Sólidos Voláteis (mg/L). Para cada uma delas foram utilizadas suas respectivas metodologias conforme já citado.

Os resultados obtidos nesses ensaios estão apresentados nas (Tabela 4), (Tabela 5) e (Tabela 6) relacionado a cada parâmetro analisado:

Tabela 4 – Caracterização de água cinza bruta

Parâmetro Analítico	Amostra cinza bruta
Temperatura (°C)	25,2
Turbidez (uT)	121
pH (-)	8,8
DQO (mg/L)	309
Condutividade (uS/cm)	317
Sólidos Totais (mg/L)	660
Sólidos Fixos (mg/L)	415
Sólidos Voláteis (mg/L)	245
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	262
Cloro residual (mg/L)	ND

Fonte:Autor

Os parâmetros mais críticos observados na amostra não tratada são: turbidez=121 uT; pH=8,8; DQO=309 mg/L; sólidos totais = 660 mg/L; os sólidos fixos = 415 mg/L e os sólidos voláteis=245 mg/L. A turbidez é bastante elevada se compararmos aos valores obtidos por May (2005) (Tabela 1), esse valor elevado pode interferir na análise da água, além de estar associados a existência de microrganismos como bactérias e protozoários que contam com as partículas associadas à turbidez para se abrigar (WHO 2011 *apud* FERREIRA, 2014 p. 14). O elevado pH, que já era esperado, está relacionado a presença de sais inorgânicos a base de sódio e sabões. Os altos índices dos sólidos totais, fixos e voláteis são caraterísticos das águas de lavanderia pela presença de fibras de algodão, matéria orgânica, óleos e graxas, sódio, nitratos e fosfatos (ALLEN *et al.* 2010 *apud* RAMPELOTTO, 2014, p. 25).

Tabela 5 – Caracterização da amostra de cinza após coagulação/floculação/decantação.

Parâmetro Analítico	Amostra de água cinza
Temperatura (°C)	25,1
Turbidez (uT)	33
pH (-)	8,5

DQO (mg/L)	202
Condutividade (uS/cm)	207
Sólidos Totais (mg/L)	302
Sólidos Fixos (mg/L)	215
Sólidos Voláteis (mg/L)	87
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	177
Cloro residual (mg/L)	1,1

Fonte: Autor

A importância da caracterização fracionada dos resultados é a clareza na análise de informações e a análise de eficiência de cada processo vista separadamente. Analisando os resultados após a coagulação/floculação/decantação, observou-se uma elevada redução dos parâmetros que se mostraram mais críticos na água cinza bruta.

Tabela 6 – Caracterização de amostra de água cinza filtrada

Parâmetro Analítico	Amostra filtrada
Temperatura (°C)	25,2
Turbidez (uT)	4,5
pH (-)*	6,0
DQO (mg/L)	99
Condutividade (uS/cm)	255
Sólidos Totais (mg/L)	177
Sólidos Fixos (mg/L)	110
Sólidos Voláteis (mg/L)	67
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	90,2
Cloro residual (mg/L)	ND

Onde: *Valor de pH após correção.

A correção do pH na caracterização das águas cinzas é importante para garantir a remoção da matéria orgânica e de substâncias químicas orgânicas sintéticas.

Não foram ponderados os parâmetros microbiológicos neste tratamento, embora, os valores de E. coli na água de reúso adequa-se em todos as referências de reúso internacionais, sinalizando que a água de reúso trabalhada neste estudo apresenta baixo risco microbiológico (BAZARELLA, 2005). Outrossim, sob as diretrizes da CONAMA nº 274/2000, os valores de E. coli nas águas de reúso se

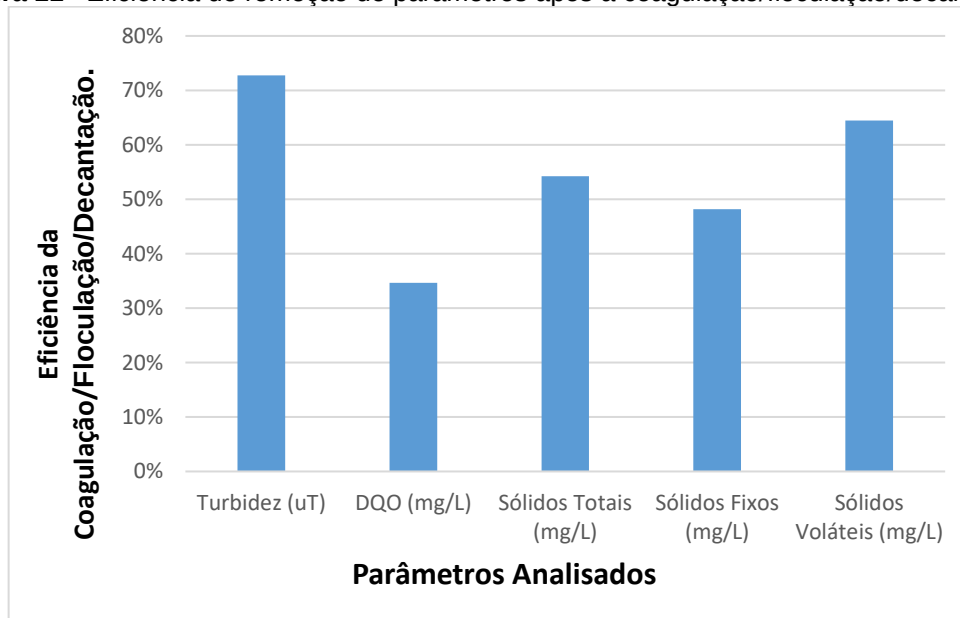
mostram bem inferiores aos requeridos para ser considerada "excelente" em balneabilidade.

5.3. Avaliação da eficiência do tratamento de águas cinzas utilizando filtração direta associada a processos químicos de tratamento de água.

Ao examinar os valores de água cinza bruta e do efluente após o tratamento, pode-se verificar a eficiência de remoção de cada parâmetro. Essa avaliação é de fundamental importância para a segurança sanitária em sistemas de reúso.

A análise da eficiência é obtida através da razão entre a diferença entre valores dos parâmetros iniciais (água cinza bruta) com os valores finais e o valor de parâmetro inicial respectivamente. Os parâmetros após o processo de coagulação/decantação que se apresentaram mais eficientes foram: turbidez, DQO, sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis. A eficiência da remoção de parâmetros em percentual pode ser observada na (Figura 11).

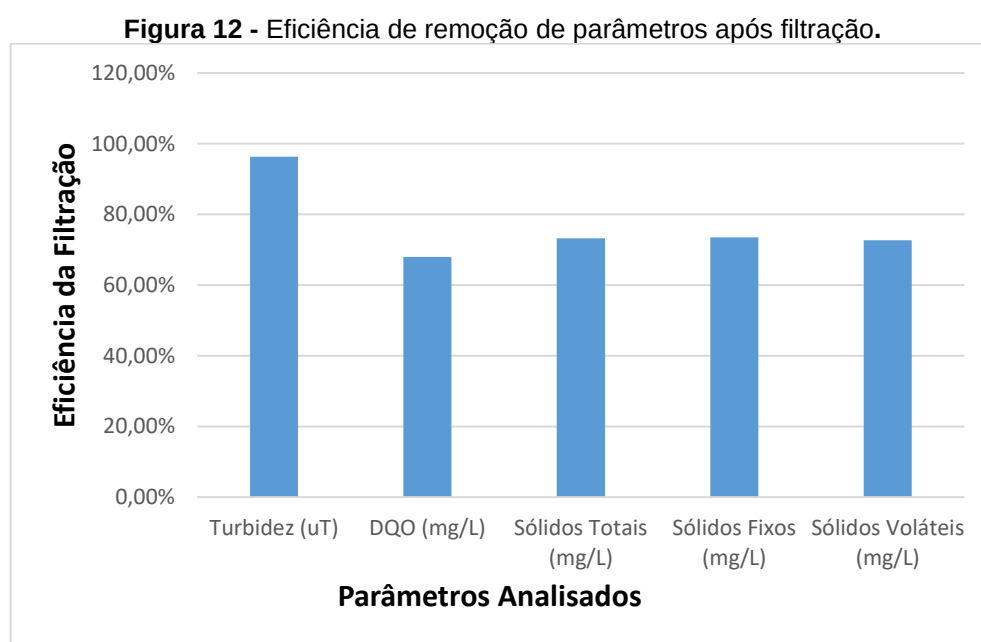
Figura 11 –Eficiência de remoção de parâmetros após a coagulação/floculação/decantação.



Fonte: Autor.

A remoção da turbidez somente no processo de coagulação/decantação se mostra eficiente com redução de 73% do parâmetro, porém não suficiente, denotando a necessidade de associação de outro processo para complementar o tratamento. Todos os sólidos contidos no efluente bruto tiveram redução na primeira etapa de 54%

e na segunda 18,94% num total de 73,18%. Os sólidos fixos tiveram redução de 48% na coagulação/floculação/decantação, 25,30% no filtro de areia. Os sólidos voláteis reduziram 64% na coagulação/floculação/decantação e na filtração 8,16%. Como destaca Pivelli (2006, p. 10) se pode associar a concentração de sólidos voláteis à presença de compostos orgânicos, deve-se destacar a eficiência do tratamento na remoção deste parâmetro orgânico.



Fonte: Autor

A eficiência após a filtração, que podemos chamar também de eficiência total, apresentou ótimos resultados, podendo assim, considerar como um processo eficiente tendo em vista o fim não potável em que se deseja utilizar a água.

Dentre as propriedades examinadas da água cinza após o processo de tratamento final destacou-se as reduções que aconteceram principalmente na DQO (309mg/L para 99 mg/L), turbidez (121uT para 4,5uT), alcalinidade (262 mgCaCO₃/L para 90,2 mgCaCO₃/L) e pH (8,8 para 6,0).

5.4. Estudo do reúso de águas cinza tratada

Conforme já abordado neste trabalho é de fundamental importância o enquadramento da água cinza tratada nos padrões normativos para a possibilidade de reúso. Observando (Tabela 2) que trata dos valores normativos, observa-se os parâmetros bases são: pH, Turbidez, Cloro residual e coliformes. Nesta dinâmica de

análise observou-se que para o reúso de CLASSE 1 os valores não atendem os padrões definidos pelo SINDUSCOM pois os valores de turbidez mínimo não foram alcançados, porém para os valores definidos pela NBR 13.969/1997 os índices obtidos são aceitáveis sendo possível o enquadramento da água de reúso obtida da classe 1 à classe 4.

Portanto para fim de aplicação de reúso em lavanderias se pode utilizar a água tratada para lavagem de carros, lavagens dos pisos, calçadas e irrigação dos jardins, bem como utilização em descargas sanitárias. Para tal seria necessário a implementação de um sistema de tratamento e de armazenamento da água tratada.

Aplicando um sistema de reúso dentro da lavanderia seria possível uma considerável economia nas descargas sanitárias e limpeza de pisos e calçadas, essa água tratada poderia ainda ser disponibilizada para os comércios da vizinhança em virtude de elevado volume de água produzido gerando uma economia coletiva e benefícios financeiro ao proprietário da empresa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim deste estudo, notou-se a importância da água como mecanismo de qualidade de vida humana. A água por ser um recurso escasso deve ser valorizada. A aplicação do sistema de coagulação/decantação seguido de filtro de areia mostrou-se eficiente. O processo de tratamento em águas cinzas apresentou-se como um excelente caminho para o reuso de águas com segurança.

É fundamental para empresa de lavagem lançar mão de alternativas de reuso, pois o alto consumo interfere diretamente nos lucros da empresa, sendo um investimento a longo prazo um sistema de tratamento compacto tendo em vista a eficiência observada nesse trabalho.

Um sistema de filtração escala real nos moldes do utilizado em laboratório seria inviável, pois o volume de água e a vazão em uma lavanderia é elevado, demandando assim um espaço inexistente na empresa, para tal poderia lançar mão de sistemas de tratamento de água cinza mecanizados já existentes no mercado.

Após a conclusão desse trabalho sugere-se o estudo de dimensionamento de uma estação para o reuso de águas cinzas para atividades de limpeza de pisos e descargas sanitárias e a realização de estudos de mais variáveis analíticas para melhor conhecer e poder indicar outros possíveis tipos de reuso deste efluente tratado.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABRAHAM, Martin (Comp.). **Encyclopedia of Sustainable Technologies**. Youngstown: Elsevier, 2017. 2262 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=3UUUDgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false> . Acesso em: 12 nov. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.736**: Determinação de alcalinidade -Métodos potenciométrico e titulométrico. Rio de Janeiro, 1996. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Taques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60p.

BACHER, LUCIANA ELY ; DE OLIVEIRA, CRISTIANO ; GIACOBBO, ALEXANDRE ; BENVENUTI, TATIANE ; LACERDA, ALINE BAUER ; Bernardes, Andréa Moura ; RODRIGUES, Marco Antônio Siqueira . **Coupling Coagulation Using Tannin-Based Product with Electrodialysis Reversal to Water Treatment: A Case Study**. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL CHEMICAL ENGINEERING , v. 5, p. 6008-6015, 2017.

BAIRD, Colin. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

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, Espírito Santo, 2005. Disponível em: <<http://repositorio.ufes.br/handle/10/6149>>. Acesso em: 28 out. 2019.

BIRKS, Rebecca; HILLS, Sian. **Characterisation of Indicator Organisms and Pathogens in Domestic Greywater for Recycling**. 2005. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.595.7667&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 28 out. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006. 212 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, 09/03/2006. Disponível em: <http://www.cnrhsrh.gov.br/> . Acesso em: 27 de outubro de 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014. 112 p.

CUNHA, V. D. - **Estudo para proposta de critérios de qualidade da água para reúso urbano**. São Paulo, 2008. 106 p.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.D.B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2ª ed. 2v. Rima: São Carlos, 2005.

FLEEGER, J.W., CARMAN, K.R. & NISBET, R.M. 2003, **Indirect effects of contaminants in aquatic ecosystems**, Science of the Total Environment, vol. 317, no. 1-3, pp. 207-233. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.565.8213&rep=rep1&type=pdf>

KOOPMANS, G. 2002, **Soil phosphorus quantity–intensity relationships to predict increased soil phosphorus loss to overland and subsurface flow** , **Chemosphere**, vol. 48, nº. 7, pp. 679–687.

LEÃO, Ana Paula et al. **INVESTIGAÇÃO E ANÁLISE DO MÉTODO ECONOMICAMENTE VIÁVEL PARA A REMOÇÃO DE MANCHAS**. Disponível em: <http://www.coloquiomoda.com.br/anais/Coloquio%20de%20Moda%20->

%202010/71904 Investigacao e Analise dos Metodos Economicamente Viav.pdf
Acesso em: 11 nov. 2019.

LÔBO, Ranyere do Nascimento. **Estudo de caso: Degradação térmica de podas de árvores visando a obtenção de carvão para utilização como leito filtrante no tratamento de águas cinzas.** 2019. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal do Tocantins - Campus Palmas, Palmas, 2019.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de água.** [S.l: s.n.], 2003.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** 2009. 222 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082009-082126/publico/SIMONE_MAYOK.pdf . Acesso em: 28 out. 2019.

MELO, A. R. B., Pós-Tratamento de Efluente De Reator UASB por Filtração em Areia e Carvão Ativado. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, 2014.

MIERZWA, J. C., HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reuso.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Secretaria de Recursos Hídricos: **Caderno da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia.** – Brasília: MMA, 2006. 132 p.

MUFFAREG, M.R. **Análise e Discussão dos Conceitos e Legislação Sobre Reúso de Águas Residuárias.** Ministério da Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 2003.75p.

OTENG-PEPRAH, M. ACHEAMPONG, M. A. DEVRIES N. K. - **Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception—A**

Review, Water Air Soil Pollut (2018) 229 – 255. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11270-018-3909-8.pdf>. Acesso em: 22 de Outubro de 2019.

PIVELI, R.P. (2006). Curso qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. Apostila do curso de tratamento de Esgotos Sanitários. EP-USP, SP, 25p. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%205%20-%20Caracteristicas%20Fisicas%20das%20Aguas.pdf>. Acesso em: 22 de Outubro de 2019.

PSDP, Egyptian-German Private Sector Development Programme, 2011, Cairo. **Greywater recycling and reuse: Towards a Sustainable Utilization of Domestic Water**. Cairo, Egito: Deutsche Gesellschaft Flir Internationale Zusammenarbea 2011. 94 p.

Rampelotto, G. (2014). **Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reúso doméstico**, Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, 117 p. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7863>. Acesso em: 24 de Outubro de 2019

RAPOPORT, B., **Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reúso domiciliar e condominial**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/5112>. Acesso em: 24 de Outubro de 2019.

REBOUÇAS, A. da C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. Estudos Avançados, v.11, n.29, p.127-154, 1997. Disponível em: www.scielo.br/j/ea/a/VfYSXjpmCS9KsT4HWnsMJgy/?lang=pt. Acesso em: 29 de Outubro de 2019.

TELLES, D. A, COSTA, R. H. P. G. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. 1ª edição. São Paulo: Blücher, 2007.

TURNER, Ryan. **ENVIRONMENTAL IMPLICATIONS OF GREYWATER IRRIGATION WITHIN AN URBAN DEVELOPMENT**. 2017. Disponível em: https://eprints.qut.edu.au/106951/2/Ryan_Turner_Thesis.pdf . Acesso em: 29 de Outubro de 2019.

WILTSHIRE, Mark. **Greywater Reuse in Urban Areas**. 2005. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/11034494.pdf> . Acesso em: 29 out. 2019.

WWAP (UNESCO World Water Assessment Programme). 2019. The United Nations World Water Development Report 2019: **Leaving No One Behind**. Paris, UNESCO.

FERREIRA, A. F. **Avaliação da ETA de Hidrolândia para atendimento do padrão de turbidez da portaria 2914**. Goiânia, 2014.