



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DAS ÁGUAS
CURSO DO BACHARELADO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS SERVIDAS PARA FINS DOMÉSTICOS NÃO
POTÁVEIS**

VICTOR MATHEUS DE ALMEIDA SILVA

Santarém – Pará
2018

VICTOR MATHEUS DE ALMEIDA SILVA

**SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS SERVIDAS PARA FINS DOMÉSTICOS
NÃO POTÁVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Bacharelado
Engenharia Sanitária e Ambiental da
Universidade Federal do Oeste do Pará –
Campus de Santarém, para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Sanitária
e Ambiental.

Área de concentração:

Processos Simplificados de
Tratamento de Águas

Orientador:

Prof. M. Sc. José Cláudio Ferreira
dos Reis Junior

Santarém - Pará
2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

S586s Silva, Victor Matheus de Almeida
Sistema de reuso de águas servidas para fins domésticos não potáveis /
Victor Matheus de Almeida Silva – Santarém, Pará, 2018.
36 fls.: il.
Inclui bibliografias.

Orientador José Cláudio Ferreira dos Reis Junior
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do
Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Bacharelado em
Engenharia Sanitária e Ambiental.

1. Águas servidas. 2. Efluentes domésticos. I. Reis Junior, José Cláudio
Ferreira dos, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 628.11

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome do Autor: SILVA, Victor Matheus de Almeida

Título: Sistema de reuso de águas servidas para fins domésticos não potáveis.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Bacharelado
Engenharia Sanitária e Ambiental da
Universidade Federal do Oeste do Pará –
Campus de Santarém, para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Sanitária
e Ambiental.

Data da aprovação: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

____ Orientador e Presidente

Prof. M. Sc. José Cláudio Ferreira dos Reis Junior

____ Membro Titular

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior

____ Membro Titular

Prof. M. Sc. Diani Fernanda da Silva Less

AGRADECIMENTOS

Dedico gratidão primeiramente ao Pai Celestial que a cada dia nos dá liberdade e independência para construirmos um futuro melhor pelos nossos próprios esforços.

Aos meus Pai e Mãe que durante todo o meu percurso universitário me auxiliaram e deram condições para concluir os estudos com o maior dos incentivos.

Ao Laboratório de Saneamento que por auxiliar no meu experimento, Laboratório de Biologia Ambiental e Biologia Vegetal por realizar as análises de água utilizadas neste trabalho.

A banca de avaliação do trabalho de conclusão, Prof. Dr. José Max e Prof. M. Sc. Diani Fernanda, em especial o Orientador Prof. M. Sc. José Cláudio, por disporem seu tempo para fazer considerações construtivas para evolução deste trabalho.

Aos meus amigos e familiares pelos incentivos para a finalização do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aos membros da coordenação do curso que deram seus esforços para oferecer oportunidades aos discentes de concluir o bacharelado.

Muito Obrigado á todos.

Resumo

SILVA, Victor Matheus de Almeida. **Sistema de reuso de águas servidas para fins domésticos não potáveis**. 2018, 36 folhas. Trabalho de conclusão de curso (Processos Simplificados de Tratamento de Águas) – Curso de Bacharelado de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Oeste do Pará.

O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver um sistema de coleta e reuso de águas servidas para fins domésticos não potáveis. Para isso foi desenvolvido um filtro em tubo de PVC de 75 mm com 30 cm composto de carvão ativado, dolomita, quartzo e esponjas especiais, com a finalidade de tratamento preliminar de águas servidas para reuso em atividades domésticas com fins não potáveis. Para isto, o trabalho foi dividido em duas etapas, sendo a primeira de definição do layout do sistema e a segunda de caracterização do experimento. O layout do sistema conta com coleta, armazenamento, tratamento e reutilização, utilizando como efluentes domésticos de águas servidas de máquina de lavar roupa. Foram analisados os parâmetros sólidos dissolvidos totais, pH, turbidez e coliformes fecais, tendo como base o estabelecido na Norma Brasileira Regulamentadora -13.969/97 que trata sobre tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos. Os resultados obtidos demonstraram que os parâmetros sólidos dissolvidos da água bruta enquadram-se nas classes de uso II, III e IV, e após passar pelo filtro passa enquadrar-se na classe I. A turbidez foi o parâmetro que não atendeu aos valores padrões, onde variou entre 40 e 160 NTU, quando o valor de referencia deve estar abaixo de 10 NTU definidos pela NBR, enquadrando-se assim para usos previstos da classe IV, fator negativo para o experimento, necessitando de sistemas auxiliares para remoção da turbidez. Os resultados obtidos não foram atendidos para o parâmetro de turbidez, mas enquadraram os demais parâmetros dentro dos valores de referência, abordando a questão da eficiência da utilização de carvão ativado para tratamento de águas servidas, uma vez que este se apresentou em déficit com a redução de turbidez na água, sendo explicado pela grande presença de produtos químicos, onde se pode utilizar reator aeróbio para correção da turbidez no efluente tratado.

Palavras-chave: Águas servidas. Efluentes domésticos.

Abstract

SILVA, Victor Matheus de Almeida. **Wastewater reuse system for non-potable domestic purposes**. 2018, 36 sheets. Completion of course work (Simplified Water Treatment Processes) - Bachelor of Sanitary and Environmental Engineering, Federal University of the West of Pará.

The main objective of this work was to develop a system for the collection and reuse of wastewater for non-potable domestic purposes. A 75 mm PVC tube filter with 30 cm of activated carbon, dolomite, quartz and special sponges was developed for the purpose of preliminary treatment of wastewater for reuse in domestic activities for non potable purposes. For this, the work was divided in two stages, being the first one to define the system layout and the second one to characterize the experiment. The system layout has collection, storage, treatment and reuse, using domestic effluents from wastewater washing machines. The total dissolved solids, pH, turbidity and fecal coliform parameters were analyzed, based on the Brazilian Regulatory Standard -13.969 / 97, which deals with septic tanks: complementary treatment units and final disposal of liquid effluents. The results obtained showed that the dissolved solid parameters of the raw water are in use classes II, III and IV, and after passing through the filter, it is classified in class I. The turbidity was the parameter that did not meet the standard values, where it varied between 40 and 160 NTU, when the reference value must be below 10 NTU defined by the NBR, thus fitting for predicted uses of class IV, negative factor for the experiment, requiring auxiliary systems to remove turbidity. The results obtained were not taken into account for the parameter of turbidity, but included the other parameters within the reference values, addressing the question of the efficiency of the use of activated carbon for wastewater treatment, since this presented in deficit with the reduction of turbidity in the water, being explained by the great presence of chemical products, where an aerobic reactor can be used to correct the turbidity in the treated effluent.

Keywords: Waters served. Domestic effluents.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 ÁGUAS SERVIDAS	13
3.2 REUSO DE ÁGUAS SERVIDAS	14
3.3 LEGISLAÇÃO APLICADA AO REUSO DE ÁGUAS SERVIDAS	16
3.4 UTILIZAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO, DOLOMITA E QUARTZO PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS	18
3.5 TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS SERVIDAS PARA REUSO	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1 ETAPA 01: DEFINIÇÃO DO LAYOUT	21
4.1.1 FASE 01: MONTAGEM DA ESTRUTURA DO SISTEMA	21
4.1.2 FASE 02: PRODUÇÃO DO PROTÓTIPO DE FILTRO	24
4.2 ETAPA 02: CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	27
4.2.1 FASE 01: COLETA DO EFLUENTE PARA TRATAMENTO	27
4.2.2 FASE 02: REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Consumo diário de água no Brasil	13
Quadro 2 - Caracterização dos usos de água	15
Quadro 3 - Rendimento do efluente para reuso	16
Quadro 4 - Padrões para reuso de água servida	16
Quadro 5 - Parâmetros estabelecidos do reuso de águas cinzas	17
Quadro 6 – Tipos de tratamento de efluente	19
Quadro 7 – Resultados das análises de água do experimento 01	29
Quadro 8 – Resultados das análises de água do experimento 02	30
Quadro 9 – Resultados das análises de água do experimento 03	30
Quadro 10 – Resultados da análise de coliformes	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Material e métodos.....	21
Figura 2 – Layout implantado do sistema de reuso de águas servidas.....	22
Figura 3 – Estrutura confeccionada do sistema	23
Figura 4 – (a) Flange nas tampas de PVC, (b) Tela plástica de passagem de água	24
Figura 5 – (a) Carvão ativado I fino com Dolomita I fina, (b) Esponja de malha grossa	25
Figura 6 – (a) Esponja comum fina, (b) Carvão ativado II com Dolomita II	25
Figura 7 – (a) Carvão ativado III grosso, (b) Quartzo grosso	26
Figura 8 – (a) Filtro instalado, (b) Medição das camadas do filtro.....	26
Figura 9 – (a) Tubos de coleta, (b) Amostras de água bruta e tratada coletada	27

1 INTRODUÇÃO

A água é o maior patrimônio de nosso planeta e o principal fator que nos rege a vida, sendo este um elemento que deve ser usado com consciência para não comprometer a qualidade do mesmo e inviabilizar seu consumo. No cenário atual é observado, que muitas pessoas e empresas não se preocupam suficientemente com o estado de poluição que atinge a parcela de água potável, usando e abusando com descontrole e devolvendo em pior qualidade para o meio.

Para Bio (2001) a grande preocupação são os crescentes números de pessoas que carecem de água com tratamento adequado, onde mais de um bilhão sofrem com o déficit de acesso a esta. Fator este que remete a falta de políticas publica eficazes para combater os problemas de gestão da água.

De acordo com Vesentini (1999) é muito importante que as residências possuam qualidade da água para consumo, sendo que 80% das doenças nos países não desenvolvidos são relacionados ao péssimo estado dos corpos hídricos que ficam sujeitos a ações antrópicas diariamente.

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008) cerca de metade das residências urbanas possuem esgoto sanitário, e uma parcela de pouco mais de um terço do esgoto coletado é tratada. Muitos destes efluentes por sua vez são dispostos de forma errônea no meio, gerando a poluição que contribui também para a proliferação de vetores.

Com estes inúmeros casos de problemas relacionados aos recursos hídricos e a disponibilidade de sua potabilidade, é necessário e importante explorar medidas como reuso de água domestica como uma alternativa de minimizar os impactos ambientais e estar um passo mais perto da sustentabilidade.

Conforme Cunha (2011) fazer o reuso de água necessita da implantação de uma pequena estação de tratamento preliminar de águas servidas de uso nobre como banho e pias, para reutilização em fins menos nobres, como descargas, lavagens de piso, reduzindo a descarga de poluentes em corpos

receptores e conservando os recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais exigentes referentes à qualidade da água e seus uso.

As principais utilizações após tratamento de águas servidas são: água para irrigação de jardim, lavagem de pisos, água para descarga em bacias sanitárias, água para refrigeração e ar condicionado, água para lavagem de veículos, água para lavagem de roupa. Cada uma destas possui uma classificação por qualidade da água necessária para a sua reutilização, ou seja, tem parâmetros definidos a cada uso em específico, de forma que não serão reutilizadas em fins potáveis como ingerir ou tomar banho.

Este trabalho é caracterizado por um sistema experimental utilizando processos de filtração com materiais diversos, a fim de verificar a eficiência do sistema para cada parâmetro da análise de água estabelecida pela associação brasileira de normas técnicas para reutilização de águas servidas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver projeto piloto de tratamento de águas servidas por filtração para reuso em atividades domésticas com fins não potáveis.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver filtro com materiais diversos para tratamento de águas servidas;
- Comparar variáveis físico-químicas de águas servidas antes e após o tratamento utilizando o filtro desenvolvido com a legislação vigente;
- Avaliar a eficiência do filtro composto por carvão ativado, dolomita e quartzo para o tratamento de águas servidas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ÁGUAS SERVIDAS

A importância do consumo consciente de água vem antes mesmo desde o século passado, quando Santos (1993) alertava sobre planejar o uso de água, e racionalizar seu consumo, colocando em evidência a possibilidade de sua reutilização como alternativa sustentável para diminuir os grandes gastos diários que já possuíam a tendência de aumentar com o tempo.

A redução de perdas ao longo do sistema de abastecimento de água foi considerada por Brasil (2007), colocando em pauta a preocupação com um mecanismo que fosse eficiente em suprir a demanda da melhor forma.

Dorigon e Tessaro (2010) abordaram em sua obra as consequências ao meio ambiente do consumo exagerado de água nos corpos hídricos, indo além do limite de recuperação destes, colocando em risco a integridade da saúde ambiental para atender principalmente as demandas urbanas.

No Brasil a região Norte ocupa a segunda posição das que menos consomem água por habitante, conforme o Quadro 1.

Consumo de água por habitante nas regiões Brasileiras	
Região	Consumo por habitante (L/hab.dia)
Norte	111,70
Nordeste	107,30
Sudeste	174,00
Sul	124,60
Centro - Oeste	133,60

Quadro 1 - Consumo diário de água no Brasil
Fonte: RAPOPORT (2004).

Segundo Rocha (2011) um vazamento pequeno em um único vaso sanitário pode desperdiçar mais de 83 mil litros de água limpa, sendo equivalente para tomar quatro banhos diários em um ano.

Segundo Nunes (2010) o tratamento de águas é dividido em fenômenos físicos, químicos e biológicos, sendo os processos físicos que envolvem fenômenos de natureza como:

- Gradeamento;
- Peneiramento;
- Sedimentação;
- Floculação;
- Decantação;
- Filtração;
- Osmose Reversa e etc.

De acordo com Ramos (2010) o uso de água é feito de forma indiscriminada, sem nenhum tipo de controle ou consciência das consequências que traz com o decorrer do tempo, como o desperdício com atividades menos necessárias, fatores cotidianos como estes podem agravar o desperdício em grandes volumes de forma quase que imperceptível, sendo necessário assumir responsabilidade pelo uso da água de forma racional.

3.2 REUSO DE ÁGUAS SERVIDAS

A reutilização de águas servidas para fins não potáveis, como jardinagens, lavagens de pisos, descargas em bacias sanitárias e outros, segundo Mancuso (2003) deve ser incentivado como forma de diminuir as dimensões das estruturas de instalação das estações de tratamento de esgotos.

De acordo com Alves (2016) as águas cinza ou servidas são aquelas provindas de banhos, lavatórios e máquina de lavar roupa, não incluindo águas de pia de cozinha e vaso sanitário.

Diferentes tipos de uso exigem padrões de qualidade da água diferente e de acordo com o Quadro 2 podem-se diferenciar algumas classificações de reuso de águas servidas, divididas por denominações próprias para suas características.

Quadro 2 - Caracterização dos usos de água

Tipos de Reuso	
Reuso 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 à jusante, de forma diluída. Trata-se da forma mais difundida onde a autodepuração do corpo de água é utilizada, muitas vezes sem controle, para degradar os poluentes descartados com o esgoto in natura;
Reuso direto	É o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável. Exige a concepção e implantação de tecnologias apropriadas de tratamento para adequação da qualidade do efluente à estação à qualidade definida pelo uso requerido;
Reciclagem interna	É o reuso da água internamente as instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição. É constituído por um sistema em ciclo fechado onde a reposição de água de outra fonte deve-se às perdas e ao consumo de água para manutenção dos processos e operações de tratamento;
Reuso potável direto	Ocorre quando o esgoto recuperado, através de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável. É praticamente inviável devido ao baixo custo de água nas cidades brasileiras, ao elevado custo do tratamento e ao alto risco sanitário associado;
Reuso potável indireto	Caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilização como água potável.

Fonte: MORUZZI, 2008.

O efluente de vasos sanitários, apenas deve ser reutilizado após o tratamento e para os mesmos fins menos nobres, não podendo ser potável para consumo de acordo com Hespanhol (2003).

Para a Revista Brasileira de Recursos Hídricos (2002) devem-se reservar as águas com melhor qualidade para o uso doméstico, sendo que a substituição por reuso de águas é apontada como a melhor alternativa para atender as demandas menos exigentes no que se refere ao uso sem prejuízo de águas com menor qualidade.

Os usos de um chuveiro elétrico por 8 minutos, segundo Alves (2016) podem consumir cerca de 24 a 40 litros de água, podendo ser reutilizadas de 4 a 6 descargas de bacias sanitárias. As descargas sanitárias são padronizadas de 6 e 9 litros de água, e de acordo com o quadro 3 pode-se mostrar um bom volume do efluente que poderia ser reutilizado em descargas.

Quadro 3 - Rendimento do efluente para reuso

Rendimento da água de máquina de lavar roupa de tampa para cima	
Capacidade	Consumo em litros
6 kg	100 L
8 kg	100 a 140 L
10 kg	120 a 150 L
12 kg	160 L
15 kg	180 a 230 L

Fonte: Adaptado de ALVES, 2016.

Para Morelli (2005) o abastecimento de água potável não deveria suprir as atividades como caixa de descarga e lavagens de áreas, pois estas podem ser usadas de fontes recicladas dentro da própria residência, reduzindo os gastos de uso da água limpa para usos necessários em atividades que exigem a potabilidade deste recurso de grande valor.

3.3 LEGISLAÇÃO APLICADA AO REUSO DE ÁGUAS SERVIDAS

As águas servidas possuem padrões para sua reutilização, conforme cada uso em específico é necessário que possua um grau de qualidade, que é representado em forma de parâmetros, definidos pela Agência Nacional das Águas no conforme Quadro 4.

Quadro 4 - Padrões para reuso de água servida

Padrões de Águas Servidas	
Água para irrigação rega de jardim, lavagem de pisos:	Não deve apresentar mau cheiro; não deve conter componentes que agredam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas; não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para descarga em bacias sanitárias:	Não deve apresentar mau cheiro; não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve deteriorar os metais sanitários; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para refrigeração e ar condicionado:	Não deve apresentar mau cheiro; não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve deteriorar máquinas; não deve formar incrustações.
Água para lavagem de veículos:	Não deve apresentar mau cheiro; não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde

	humana.
Água para lavagem de roupa:	Deve ser incolor; não deve ser turva; não deve apresentar mau cheiro; deve ser livre de algas; deve ser livre de partículas sólidas; deve ser livre de metais; não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Fonte: ANA (2005).

Os parâmetros para análise de água de reuso são estabelecidos pela NBR 13.969/97 que trata sobre tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos, definindo os valores para cada tipo de utilização, divididos por classes em função dos parâmetros conforme mostrado no Quadro 5.

Quadro 5 - Parâmetros estabelecidos do reuso de águas cinzas

Classificação de Reuso Prevista na NBR 13.969				
Classe	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
Uso Previsto	Lavagem de Carro e usos de contato direto;	Lavagens de calçadas, irrigações, fins paisagísticos;	Reuso em descargas sanitárias;	Reuso em pomares, cereais, forragens, pastos e cultivos;
Turbidez	$X < 5$	$x < 5$	$x < 10$	-
Coliformes Fecais (NMP/100ml)	$x < 200$	$x < 500$	$x < 500$	$x < 500$
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	$x < 200$	-	-	-
Potencial Hidrogeniônico	6 a 8	-	-	-

Fonte: Adaptado NBR (1997).

3.4 UTILIZAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO, DOLOMITA E QUARTZO PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS

A utilização de carvão ativado é amplamente conhecido como um dos mais eficientes sistemas para filtrações de água na remoção das menores partículas de impurezas contidas na mesma. Grande partes dos filtros comerciais são de carvão sintético e produzido em grande escala, para utilizações em residências e indústrias, com função de tratar a água para ingestão.

Nas estações de tratamento de água são utilizados diversos produtos a fim de garantir a potabilidade da água através de processos químicos que facilitam o rápido tratamento em grande escala, ao contrario do carvão ativado que necessita de um tempo para escoamento da água nas camadas de filtração, uma vez que tem função de capturar as menores partículas na água, filtrando as impurezas contidas nela.

A dolomita é um mineral facilmente encontrado, sendo constituída de carbonato de cálcio e magnésio, geralmente industrializados em pó ou em pequenas pedras que se desmancham com pressão ou dissolvem na água. É utilizada na rede de purificadores por ter função específica de alcalinizar a água, ou seja, manter o pH na faixa neutra, próximo a 7.

O quartzo é o segundo mineral mais abundante da terra, sendo composto por dióxido de silício, com estrutura cristalina, encontrado em pedras. É utilizado geralmente para a remoção de cor e odor na água, mas este necessita de longos períodos de exposição para uma significativa eficiência.

3.5 TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS SERVIDAS PARA REUSO

As técnicas de tratamento de águas servidas variam de acordo com a reutilização das águas, ou seja, cada atividade em específico necessita de uma qualidade diferente, e cada qualidade é alcançada por diferentes métodos conforme o mostrado no Quadro 6.

Quadro 6 – Tipos de tratamento de efluente

Classe	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
Uso	Lavagens de carro e contato direto;	Lavagens de calçadas, irrigações, fins paisagísticos;	Reuso em descargas sanitárias;	Reuso em pomares, cereais, forragens, pastos e cultivos;
Tratamento	Lodos Ativados por Batelada ou Filtro Aeróbio Submerso + Filtro de Carvão Ativado + Cloração	Tratamento aeróbio + Membranas Filtrantes + Desinfecção	Tratamento aeróbio + Filtração de areia + Desinfecção	Filtração de areia + Desinfecção

Fonte: Adaptado NBR (1997).

O tratamento de lodo ativado por batelada é utilizado em um único tanque que funciona como reator biológico e também de tanque de decantação, formando sequencias por tempo, ao invés de estarem separadas por unidades físicas como ocorre no sistema convencional de lodos ativados. O filtro aeróbio submerso é semelhante ao tratamento com lodos ativados convencional, o que difere é a integração de uma câmara de reação com uma câmara de decantação que são interligadas pela parte interior dos tanques.

Os filtros de carvão ativado utilizam o processo de escoamento pelas camadas, fazendo com que as impurezas contidas na efluente sejam capturadas pelos grãos de carvão ativado podendo ser feito de vários materiais, como madeiras em geral ou outros. As membranas filtrantes são folhas ou tubos semelhantes a esponjas ou tecidos produzidas com pequenos poros que dificultam a passagem de impurezas, sua utilização sugere desempenhar a mesma função que o carvão ativado. Outra filtração muito utilizada é com areias em geral, que propõe reter o material particulado mais grosso contido no efluente. A desinfecção mais comum é feita por tanques de cloração, que combatem a presença de coliformes, geralmente nocivos à saúde e ao meio ambiente, mas podem ser empregados outros produtos químicos vendidos com funções específicas e concentrações diferentes.

Na revisão de D'Agostin (2017) sobre técnicas e tratamentos de águas para reuso doméstico, constatou que entre as 30 obras analisadas em sua

revisão, 60% delas utilizavam como etapa a filtração por materiais diversos, o que mostra a eficácia deste tipo de sistema na contenção de impurezas do efluente.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho de pesquisa experimental compreende duas etapas em ordem de execução e planejamento do sistema, conforme o a Figura 1. Sendo um que esta alocada no laboratório de saneamento do campus tapajós da UFOPA onde ocorrerá o desenvolvimento do projeto piloto.

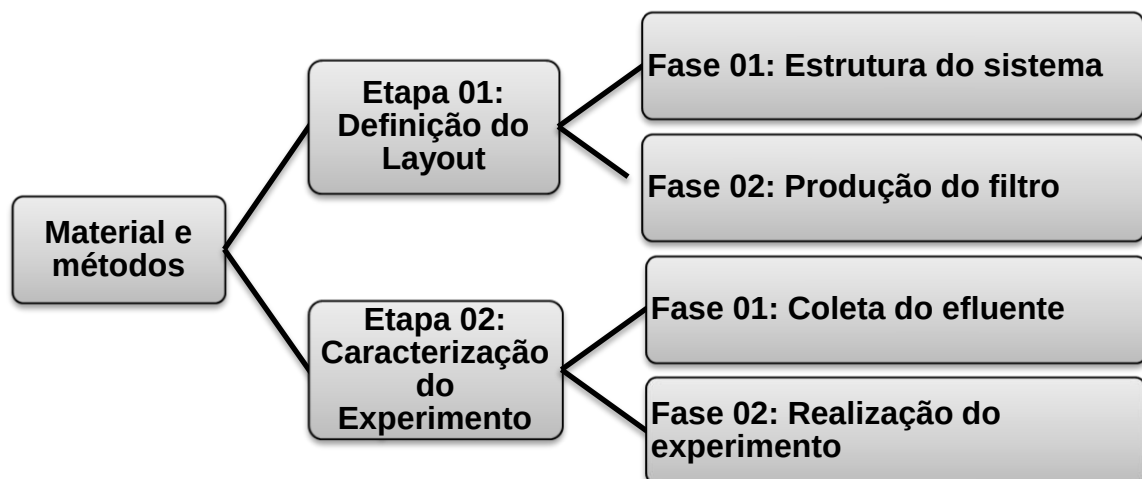


Figura 1 – Material e métodos

4.1 ETAPA 01: DEFINIÇÃO DO LAYOUT

Esta etapa foi desenvolvida em duas fases, compreendendo a estruturação física do sistema e montagem do filtro, conforme descrito a seguir.

4.1.1 FASE 01: MONTAGEM DA ESTRUTURA DO SISTEMA

O layout do sistema foi definido de modo a facilitar o escoamento pelo filtro, tendo como principais pontos a: coleta, armazenamento, tratamento e reutilização, com análise dos parâmetros ao início e final do sistema, de acordo como mostrado na Figura 2.

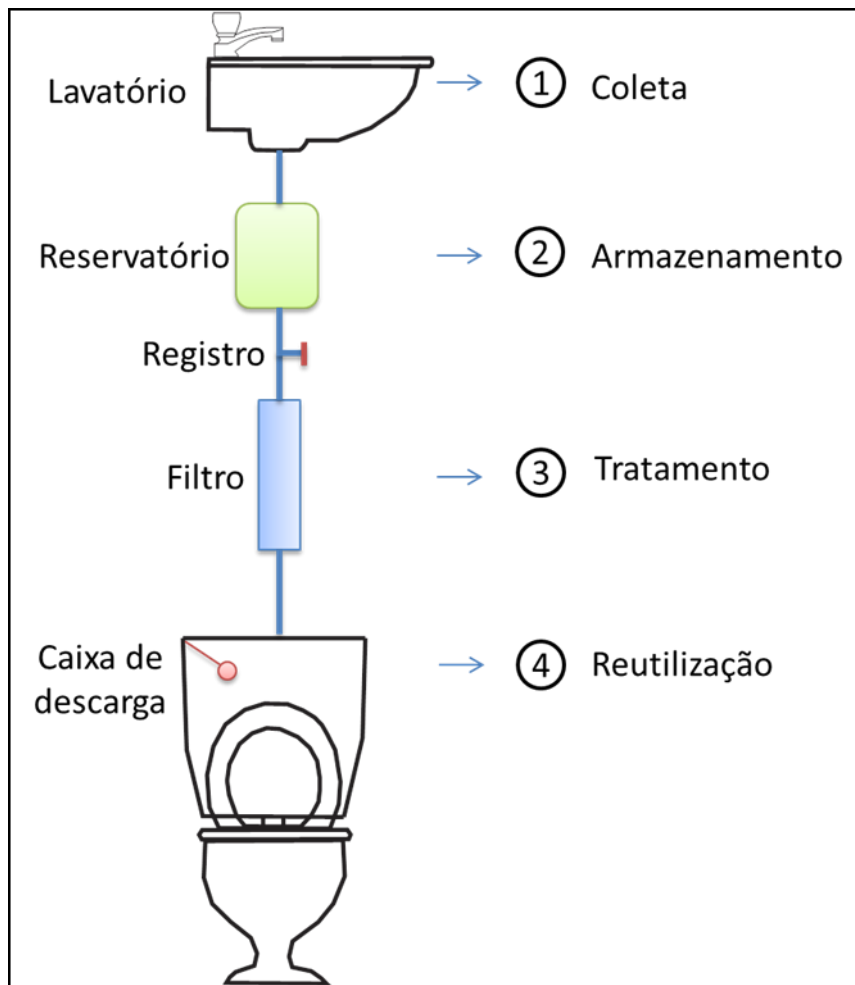


Figura 2 – Layout implantado do sistema de reuso de águas servidas.

Neste experimento foi adotado o processo de filtração, contendo carvão ativado, quartzo grosso e dolomita. O efluente utilizado são águas servidas de máquina de lavar roupa.

A estrutura física do sistema foi montada com peças em madeira para dar o suporte às etapas do sistema, de tamanho 50 cm com espessura de 5 cm a peça de madeira, sendo utilizadas 30 unidades, conforme a Figura 3.



Figura 3 – Estrutura confeccionada do sistema

O reservatório utilizado foi um balde de material plástico de 15L, do tipo que se vendem manteigas dentro, feito um furo central em cima e baixo com 20mm de diâmetro, para escoamento da água por meio da passagem de um flange.

Foi adotado para experimento um volume pequeno, podendo ser depois de acumulado, contido somente até 12 horas, pois o cheiro após este período tende a ser incomodo, e ultrapassado este tempo deve ser descartado, tendo cuidado para que não seja aberto a proliferação de mosquitos e outros vetores durante este período.

4.1.2 FASE 02: PRODUÇÃO DO PROTÓTIPO DE FILTRO

O filtro foi desenvolvido com 30cm de comprimento e diâmetro de 75 mm em tubo de PVC fechado e com um Flange na entrada e outro na saída. É composto por 4 camadas, com entrada da água para o material de maior tamanho granular e saída pelo mais fino, para filtração do efluente por camadas.

Os materiais utilizados foram divididos em: confecção para filtro, análises de laboratório e estrutura do sistema. Alguns dos materiais não possuem custos, pois, foram adquiridos de forma gratuita, a lista de materiais esta apresentada no Anexo 1.

O carvão ativado sintético, a dolomita, o quartzo as esponjas e as telas de PVC foram cedidos de forma gratuita pela empresa EUROPA de purificadores de água da cidade de Santarém, o que economizou pouco mais de 200 reais referentes a estes materiais em específico. O carvão ativado I e dolomita I filtram partículas de 15 μm . O carvão ativado III e dolomita II filtram partículas de 35 μm . O carvão ativado II filtra partículas de 25 μm e o quartzo se encontra em pedras.

Foram utilizadas duas tampas para o tubo de PVC de 75 mm, e cortadas com um furo no meio de 20 mm para inserir um flange em cada, como função de receber o encanamento do sistema para passagem da água. Colocada a tampa da parte inferior do tubo, na posição vertical, inseriu-se duas telas de passagem de água com espaçamento de 2 cm para saída facilitada da água já tratada sendo a camada A do sistema, conforme a Figura 4.

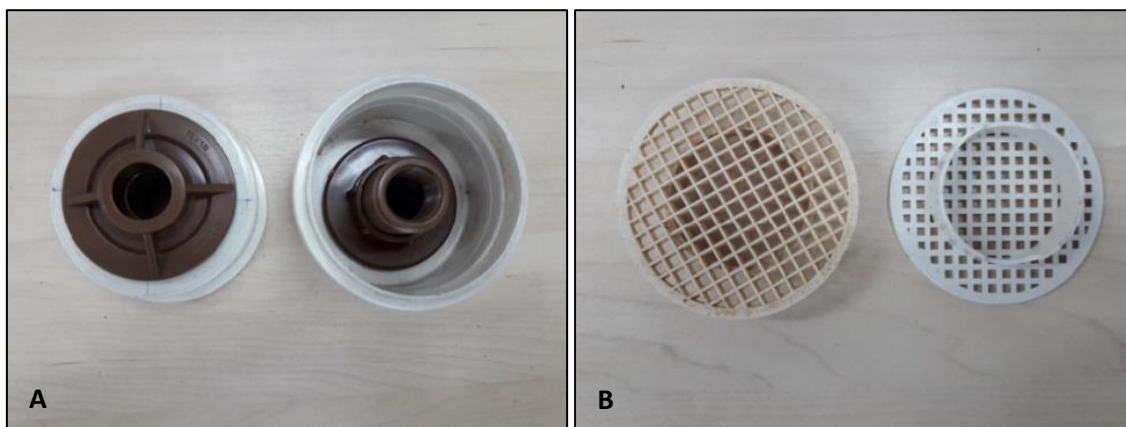


Figura 4 – (a) Flange nas tampas de PVC, (b) Tela plástica de passagem de água

A camada A contém grãos mais finos, sendo composta de dolomita e carvão ativado sintéticos, com função de alcalinizar a água e reter as menores impurezas das águas cinza respectivamente. Sendo a ultima camada a receber o efluente, encaminhando a água para a saída de reutilização. Esta camada inicia com duas telas de passagem, seguidas pelos grãos que ficam entre duas esponjas de malha grossa para tubulações de 75 mm, e altura de 2,5 cm dentro do tubo, de acordo com a Figura 5.

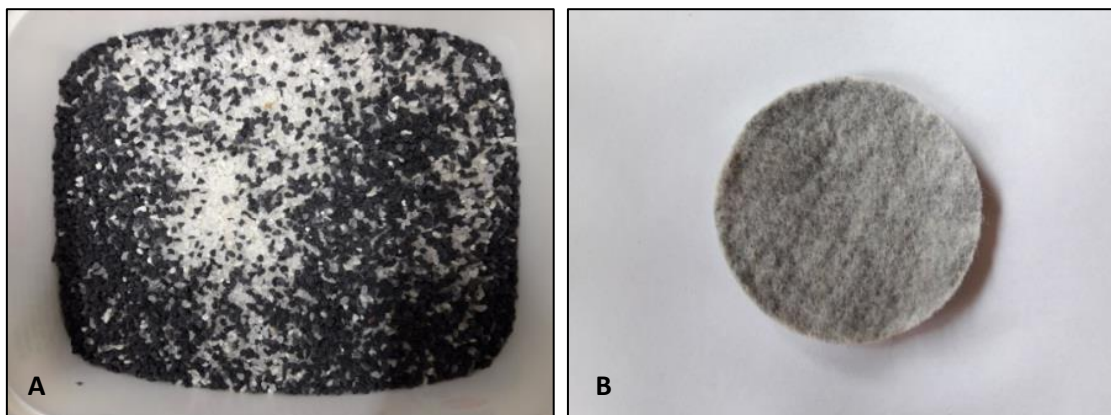


Figura 5 – (a) Carvão ativado I fino com Dolomita I fina, (b) Esponja de malha grossa

A camada B é a penúltima, composta por dolomita e carvão ativados sintéticos mais grossos que a camada A, com 4 cm de altura dentro do tubo, ficando entre uma esponja de malha grossa na base e uma esponja comum fina no fim, conforme a Figura 6.

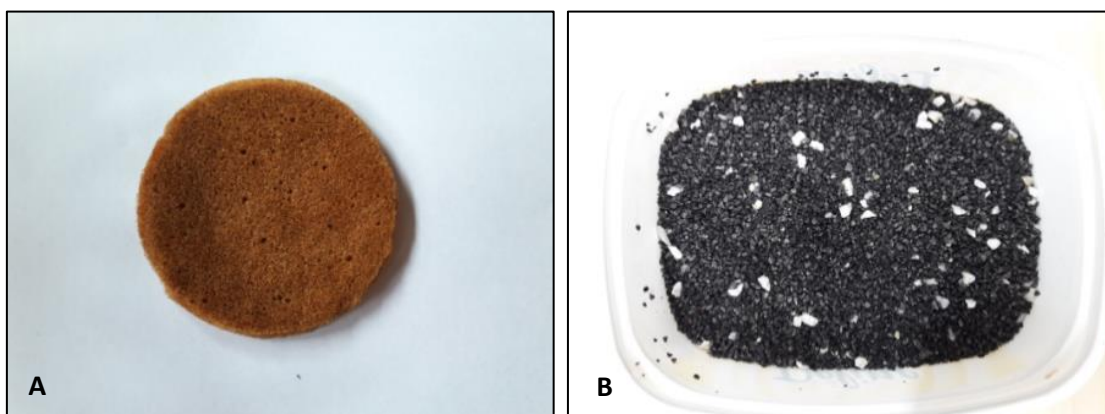


Figura 6 – (a) Esponja comum fina, (b) Carvão ativado II com Dolomita II

A Camada C é composta do carvão ativado mais grosso do filtro, com 2,5 cm de altura dentro da tubulação e fica entre duas esponjas comuns fina, com função de retenção das partículas mais grosseiras de águas cinza. Conforme a Figura 7.

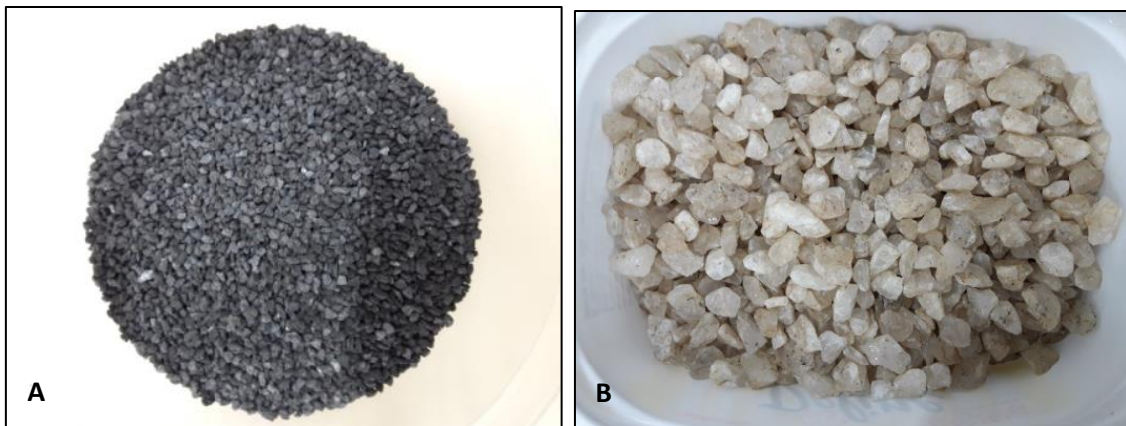


Figura 7 – (a) Carvão ativado III grosso, (b) Quartzo grosso

A Camada D é a que recebe diretamente a água cinza, composta de quartzo grosso em pedras de pequeno tamanho, com função de tornar o pH próximo ao neutro, com 4,5 cm de altura dentro do tubo, fica entre duas esponjas comuns fina e seguida de duas telas de passagem que finalizam o filtro e este é fechado com a tampa com flange, conforme a Figura 8.



Figura 8 – (a) Filtro instalado, (b) Medição das camadas do filtro

4.2 ETAPA 02: CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

4.2.1 FASE 01: COLETA DO EFLUENTE PARA TRATAMENTO

O efluente utilizado é de origem de atividades domésticas comuns, ou seja, efluente contendo alvejantes, sabões e óleos. Neste foi utilizado efluente de máquina de lavar roupa em específico. Por ser difícil conter coliformes termotolerantes e ter grande contribuição nos gastos domésticos é um efluente ideal para o sistema.

A utilização da filtração será dispensada de água provinda de banhos em chuveiros e lavatórios, por conter restos de pele, excrementos humanos, e outros mais exigentes na manipulação da água para o reuso, ficando de fora dos experimentos realizados.

Deste modo, o efluente utilizado no processo de filtração foi retirado uma amostra para análise no ponto inicial e no ponto final do processo para comparação aos parâmetros estabelecidos na NBR 13.969/97. Serão coletados em frascos de 50ml, totalizando 30 amostras enviadas para laboratório conforme a Figura 9.

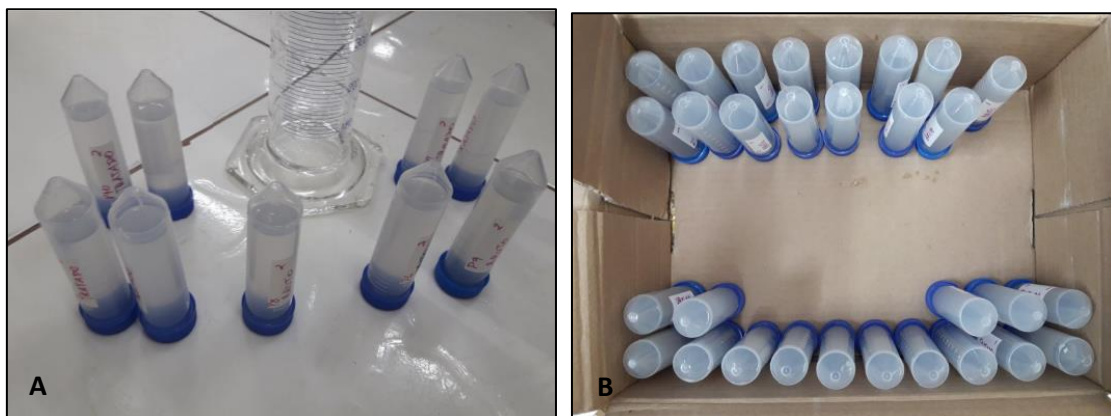


Figura 9 – (a) Tubos de coleta, (b) Amostras de água bruta e tratada coletada

Como observado, a etapa inicial do experimento é caracterizada pela figura de um lavatório, representando o ponto inicial, onde é gerado as águas servidas por atividades domésticas, e encaminhado então a próxima etapa do sistema. A outra coleta pode ser feita a partir da etapa do filtro, onde é possível verificar os resultados obtidos do sistema, sendo escolhido o ponto de saída do efluente.

Foram planejados três experimentos, divididos em água bruta e água tratada para cada experimento, subdivididos em três coletas para água tratada e três coletas para água bruta, totalizando 18 amostras para os parâmetros de sólidos dissolvidos, pH , turbidez e para coliformes fecais foram coletadas 12 amostras, duas de água tratada e duas de água bruta para cada experimento. A água bruta é o efluente de maquina de lavar roupa, e o tratado é a saída do efluente após passar pelos processos de tratamento da água com carvão ativado.

4.2.2 FASE 02: REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O sistema foi testado utilizando água natural, de torneira do próprio Laboratório de Saneamento da unidade tapajós da UFOPA onde foram feitos os procedimentos. Foi verificado o tempo de escoamento e funcionalidade do sistema, o qual teve êxito nos testes feitos do dia 21/03/18 às 10h00min. O primeiro experimento com efluente às 10h35min, com duração de 4 min e 45 s para 1L de efluente, onde o escoamento após entrar no sistema leva aproximadamente dois segundos para começar a gotejar na saída do filtro. Foram coletadas as amostras brutas e tratadas deste experimento.

O segundo experimento iniciou às 10h58min do dia 21/03/18, com duração de 5 min e 25 s para 1 L de efluente e coletadas as amostras brutas e tratadas do mesmo. No mesmo dia foi realizado o ultimo experimento as 15h35min com duração de 6 min e 20 s para 1 L de efluente com coleta bruta e tratada. Foram enviadas ao Laboratório de Biologia Ambiental do Campus Rondon da UFOPA 18 amostras para a análise dos parâmetros de pH, turbidez e sólidos dissolvidos totais. E enviadas ao Laboratório de Biologia Vegetal no Campus Tapajós da UFOPA 12 amostras para análise de coliformes fecais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados de análise da água das amostras do primeiro experimento para parâmetros de pH, sólidos dissolvidos totais e turbidez, são apresentados no Quadro 7

Quadro 7 – Resultados das análises de água do experimento 01

Água Bruta			
Coleta/Parâmetros	Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	pH – Potencial Hidrogeniônico	Turbidez (NTU)
Coleta 01	273,7	9,15	55,5
Coleta 02	219,3	9,22	51,1
Coleta 03	331,6	9,29	48,6
Água Tratada			
Coleta/Parâmetros	Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	pH – Potencial Hidrogeniônico	Turbidez (NTU)
Coleta 01	242,1	7,12	158
Coleta 02	206,0	6,92	105
Coleta 03	252,8	7,27	92,6
Valor de Referência	-	6 a 8	X < 10

Os resultados de pH da água bruta que estavam acima do valor de referencia, após o processo de tratamento os resultados de água tratada ficaram dentro da faixa de referencia, diminuindo a alcalinidade das amostras, o que pode ter ocorrido devido as camadas o material utilizado no filtro (dolomita).

Os resultados do parâmetro turbidez variaram entre 48 a 55NTU para a água bruta e de 90 e 160 NTU para água tratada, quando no valor de referencia deve estar abaixo de 10 NTU definidos pela NBR 13.969, o que enquadra ambas na classe IV (água para reuso de pomares, cereais, forragens, pastos e cultivos). Vale observar que esses resultados indicam a necessidade de sistemas auxiliares para remoção da turbidez.

No que se refere aos resultados de sólidos dissolvidos, observa-se que houve redução dos valores de água bruta quando comparado com os valores de água tratada, porém não importante, uma vez que não foram expressivos, estando na média de 40 mg/L.

No Quadro 8 são apresentados os resultados das análises físico-químicas obtidos para o segundo experimento.

Quadro 8 – Resultados das análises de água do experimento 02

Água Bruta			
Coleta/Parâmetros	Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	pH – Potencial Hidrogeniônico	Turbidez (NTU)
Coleta 01	242,0	9,39	99,1
Coleta 02	256,7	9,35	108
Coleta 03	166,1	8,91	68,6
Água Tratada			
Coleta/Parâmetros	Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	pH – Potencial Hidrogeniônico	Turbidez (NTU)
Coleta 01	226,9	7,49	44,8
Coleta 02	213,2	7,40	88,1
Coleta 03	206,9	7,46	95,2
Valor de referência	-	6 a 8	X < 10

Neste experimento, os resultados observados de pH da água bruta também estavam acima do valor de referencia, após o processo de tratamento os resultados de água tratada ficaram dentro da faixa de referencia, diminuindo a alcalinidade das amostras, o que pode ter ocorrido devido as camadas o material utilizado no filtro (dolomita).

Os resultados do parâmetro turbidez variaram entre 68 a 108NTU para a água bruta e de 44 e 95 NTU para água tratada, quando no valor de referencia deve estar abaixo de 10 NTU definidos pela NBR 13.969, o que enquadra ambas na classe IV (água para reuso de pomares, cereais, forragens, pastos e cultivos). Vale observar que esses resultados indicam a necessidade de sistemas auxiliares para remoção da turbidez.

No que se refere aos resultados de sólidos dissolvidos, observa-se que houve redução dos valores de água bruta quando comparado com os valores de água tratada, porém não importante, uma vez que não foram expressivos, estando na média de 36 mg/L.

No Quadro 9 são apresentados os resultados das análises físico-químicas obtidos para o segundo experimento.

Quadro 9 – Resultados das análises de água do experimento 03

Água Bruta			
Coleta/Parâmetros	Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	pH – Potencial Hidrogeniônico	Turbidez (NTU)
Coleta 01	261,1	9,10	98,7

Coleta 02	331,6	9,43	60,9
Coleta 03	327,6	9,30	46,4
Água Tratada			
Coleta/Parâmetros	Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	pH – Potencial Hidrogeniônico	Turbidez (NTU)
Coleta 01	242,1	7,61	39,7
Coleta 02	216,5	7,54	40,0
Coleta 03	217,0	7,60	42,8
Valor de referência	-	6 a 8	X < 10

Os resultados de pH deste experimento, seguiram a mesma tendência dos dois primeiros para a água bruta que estavam acima do valor de referência, e após o processo de tratamento os resultados de água tratada ficaram dentro da faixa de referência, diminuindo a alcalinidade das amostras, o que pode ter ocorrido devido as camadas o material utilizado no filtro (dolomita).

Os resultados do parâmetro turbidez variaram entre 46 a 98NTU para a água bruta e de 39 e 42 NTU para água tratada, quando no valor de referência deve estar abaixo de 10 NTU definidos pela NBR 13.969, o que enquadra ambas na classe IV (água para reuso de pomares, cereais, forragens, pastos e cultivos). Vale observar que esses resultados indicam a necessidade de sistemas auxiliares para remoção da turbidez.

No que se refere aos resultados de sólidos dissolvidos, observa-se que houve redução dos valores de água bruta quando comparado com os valores de água tratada, porém não importante, uma vez que não foram expressivos, estando na média de 80 mg/L.

Em relação aos resultados de coliformes, estes estão dispostos no Quadro 10, e pode-se observar que para Coliformes Fecais Termotolerantes não houve presença em nenhuma das amostras analisadas.

Quadro 10 – Resultados da análise de coliformes

Amostras dos experimentos	NMP/100 ml	
	Coliformes totais	Coliformes fecais Termotolerantes
01 – Bruto	4 x 10 ³	Ausência
01 - Tratado	Ausência	Ausência
02 – Bruto	14 x 10 ³	Ausência
02 - Tratado	2 x 10 ³	Ausência
03 – Bruto	17 x 10 ³	Ausência
03 - Tratado	11 x 10 ³	ausência
Valor de referência	-	X < 500

Ainda sobre os resultados do Quadro 10, observa-se que para Coliforme Totais, houve presença em todas as amostras de água bruta, ressaltando que após passagem pelo protótipo de filtro, verifica-se redução em todos, na amostra 1 ocorreu a remoção completa do parâmetro.

É recomendada pela NBR 13.969 a utilização de sistema de desinfecção para o combate a presença de Coliformes Fecais Termotolerantes em casos de altos índices de contaminação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados atenderam aos objetivos específicos deste trabalho, onde foi desenvolvido um filtro com materiais diversos para o tratamento de águas servidas e realizada as análises e comparações de dados, com os parâmetros da legislação vigente para reuso de efluentes domésticos.

Contudo, o parâmetro de turbidez apresentou valores acima dos estabelecidos na NBR 13969/97 para o efluente tratado, indicando assim, a necessidade de adequação para a reutilização em bacias sanitárias. Com os resultados obtidos, observou-se que a classificação do efluente tratado foi de Classe IV, que permite a utilização em pomares, cereais, forragens, pastos e cultivos.

O resultado mais significativo foram os valores encontrados para o parâmetro pH, comprovando a eficiência do sistema em enquadrar o efluente bruto nos valores de referência pelo tratamento realizado. No efluente tratado foi observado a ausência de coliformes fecais termotolerantes.

Em futuras continuações deste trabalho, é recomendado a implementação de um sistema de filtro aeróbio, para a correção da turbidez que apresentou altos índices nos valores obtidos, intuito de melhorar a capacidade deste sistema no tratamento de efluentes domésticos. E na utilização de efluentes que contenham coliformes fecais termotolerantes, é necessário que haja a inclusão do processo de desinfecção por cloração, para reuso que não seja nocivo a saúde.

REFERÊNCIAS

ALVES, Wolney Castilho; ZANELLA, Luciano; DE TOLEDO MARCHESI, Mariana. Metodologia de construção de instrumentos de transferência tecnológica: manuais de aproveitamento de água de chuva e de aproveitamento de água do banho e da máquina de lavar. Revista IPT: Tecnologia e Inovação, v. 1, n. 1, 2016.

Agência Nacional de Águas (ANA); Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; SINDUSCON-SP, Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. Manual de Conservação e Reuso da água em Edificações. 152 páginas. São Paulo, 2005.

Associação brasileira de normas técnicas, NBR 13969: tanques sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, P. 1- 60, 1997.

BIO: Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente. Economia de água. Rio de Janeiro, RJ, v.11, n. 18, 2001.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: fevereiro de 2018.

CUNHA, Ananda Helena Nunes. O reuso de água no brasil: a importância da reutilização de água no país. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; 2011.

D'Agostin, Andressa; Valter Antônio Becegato; Camila Angélica Baum; REVISÃO SOBRE TÉCNICAS E TRATAMENTOS DE ÁGUAS PARA REUSO DOMÉSTICO. Revista eletrônica do curso de geografia, Geo Ambiente Nº28 – UFG. Jatai, Goiás, 2017.

DORIGON, Elisangela Bini; TESSARO, Patricia. Caracterização dos efluentes da lavagem automotiva em postos de atividade exclusiva na região AMAI–Oeste catarinense. Unoesc & Ciência-ACBS, v. 1, n. 1, p. 13-22, 2010.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. Disponível em:

<http://www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos_verde/TC-158.htm>. Acesso em: março de 2017.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em novembro de 2017.

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

MORELLI, E. B. Reúso de água na lavagem de veículos. Dissertação (Mestrado em Engenharia)–Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-29072005-140604/>>. Acesso em janeiro de 2018.

MORUZZI, Rodrigo Braga. Reuso de Água no Contexto da Gestão de Recursos Hídricos: Impacto, Tecnologias e Desafios. OLAM – Ciência & Tecnologia – Rio Claro / SP, Brasil – Ano VIII, Vol. 8, N.3, P. 271 à 294. 2008 ISSN 1982-7784. Disponível em < www.olam.com.br>. Acesso em fevereiro de 2018.

NUNES, J.A. Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Tratamento de água, 2ª edição. 265 p. 2010.

RAMOS, G.P. O reaproveitamento de água em empresas de ônibus. Trabalho de conclusão (Gestão Ambiental) - Universidade Candido Mendes, Niterói, 2010.

RAPAPORT, BEATRIZ. Dissertação de Águas cinza: Caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz Escola Nacional de Saúde Pública, 2004.

RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 7 n.4, pag. 75-95, 2002.

ROCHA, José Sales Mariano da. Educação ambiental técnica para os ensinos fundamental, médio e superior. Brasília: 2. ed. ver. ampl. ABEAS, 2001.

SANTOS, H. F. Critérios de Qualidade da Água para Reuso. Revista DAE 174, 1993.

VESENTINI, J. W. Brasil, sociedade e espaço. 7. ed. São Paulo: Ática, 1999.

ANEXO 1

Material	Quantidade	Custo
Materiais utilizados na confecção do filtro		
Tampas PVC	2 unid. 75 mm	10 R\$
Tela plástica	4 unid. 75 mm	-
Tubo 75 mm	30 cm	-
Carvão ativado I	50 g	-
Carvão ativado II	100 g	-
Carvão ativado III	100 g	-
Dolomita I	50 g	-
Dolomita II	50 g	-
Quartzo grosso	200 g	-
Cola de PVC	1 uni	5 R\$
Flange PVC	2 unid. 20 mm	10 R\$
Esponja malha grossa	2	-
Esponja comum	3	-
Materiais utilizados na estrutura		
Madeira	30 unid. 50 x 5 cm	-
Pregos	100 unid.	-
Lavatório	1 unid.	10 R\$
Sifão	1 unid.	6 R\$
Balde	1 unid.	6 R\$
Registro	1 unid.	6 R\$
Tubo 20 mm	1m	2 R\$
Conector de descarga	1 unid.	4 R\$
Caixa de descarga	1 unid.	13 R\$
Vasilha de coleta	1 unid.	3 R\$
Materiais utilizados na análise de água		
Algodão	500 g	15 R\$
Caixa de luva	1 unid.	15 R\$
Caixa de máscara	1 unid.	10 R\$
Caixa de papel toalha	1 unid.	-
Papel krafta	1 unid.	2 R\$
Tubo de coleta	30 unid. 50 ml	-
Papel alumínio	1 unid.	5 R\$
Álcool 96°	2 L	20 R\$
Total		142 R\$

Anexo 1 – Materiais utilizados