



Centro Universitário de Brasília - UNICEUB Faculdade de Tecnologia e Ciências  
Sociais Aplicadas – FATECS

**LARISSA SILVA RODRIGUES NERES**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA  
CINZA DESTINADA PARA REUSO NÃO POTÁVEL EM  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR  
(ESTUDO DE CASO)**

Brasília

2018

**LARISSA SILVA RODRIGUES NERES**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA  
CINZA DESTINADA PARA REUSO NÃO POTÁVEL EM  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR  
(ESTUDO DE CASO)**

Trabalho de Curso apresentado como um dos requisitos para a conclusão do curso de Engenharia Civil do UniCEUB – Centro Universitário de Brasília.

Orientador: Prof. Rogério Pinheiro Magalhães Carvalho, D. Sc

Brasília

2018

**LARISSA SILVA RODRIGUES NERES**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA  
CINZA DESTINADA PARA REUSO NÃO POTÁVEL EM  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR  
(ESTUDO DE CASO)**

Trabalho de Curso apresentado como um dos requisitos para a conclusão do curso de Engenharia Civil do UniCEUB – Centro Universitário de Brasília.

Orientador: Prof. Rogério Pinheiro Magalhães Carvalho, D. Sc

Brasília, 27 de junho de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Engº. Civil: Rogério Pinheiro Magalhães Carvalho

---

Engº. Civil: Jocinez Nogueira Lima

---

Engº. Civil: Jairo Furtado Nogueira

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por me proporcionar muitos momentos felizes, sempre estando ao meu lado, me iluminando e fortalecendo meu interior nos momentos de dúvidas e dificuldades, e que através da sua misericordiosa bênção, tem me concedido o grande dom: a vida!

Aos meus pais Lêda e José e ao meu irmão Artur que sempre se alegraram com os bons resultados que obtive ao longo deste período e que sempre me deram apoio e forças para que eu superasse as dificuldades. A toda a minha família, por me incentivarem e que mesmo distante sei que torcem por mim.

Ao meu namorado Werllis, que se mostrou presente, sempre prestativo e compreensivo, e por toda felicidade que tem me proporcionado.

Ao meu professor e orientador Rogério Pinheiro Magalhães Carvalho, pela atenção e aos ensinamentos dados a mim, e também pelo seu empenho e dedicação que fizeram os progressos deste trabalho acontecerem.

Aos todos os meus amigos que, direta ou indiretamente, estiveram presentes nesta fase da minha vida me incentivando.

O meu muito obrigada a todos!

## RESUMO

A escassez de água nos grandes centros urbanos, onde a demanda cada vez maior tende a suplantar a oferta, vem sendo motivo de alerta. Uma alternativa para a economia desse insumo é o reuso, que vem sendo estimulado principalmente devido à lei de recursos hídricos. Este trabalho propõe-se a avaliar a qualidade da água de reuso proveniente de uma máquina de lavar roupas e de um tanque localizado em uma área de serviço de uma residência. Essa água foi submetida a um tratamento cujo leito filtrante foi composto por seixos, areia, carvão ativado e uma manta sintética, sendo realizada uma desinfecção com pastilhas de cloro. Foi avaliado, em escala piloto, o potencial de tratamento de águas cinza mediante o sistema básico elaborado para o reuso dessas águas em residências. Nesse sistema, quando em pleno funcionamento, a água cinza passava pelo filtro com as três camadas de agregados e, ao final, o efluente foi utilizado na residência para fins não potáveis, como por exemplo, a lavagem de piso. As análises físico-químicas e microbiológicas demonstraram que estas águas, apesar de serem menos contaminadas que as águas negras, necessitam de tratamento adequado para serem reutilizadas com segurança. Deve-se levar em consideração, ao se propor o reuso de águas cinzas, as reais condições locais de disponibilidade hídrica. Definiu-se como variáveis de controle para avaliar a qualidade da água produzida na residência os seguintes parâmetros: Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, cor verdadeira, turbidez, pH, cloro residual livre e a presença de coliformes totais e termotolerantes. Em geral, os resultados encontrados demonstraram que os valores de pH, cloro residual livre e coliformes estão de acordo com as diretrizes estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e pela Agência Americana (EPA) para águas de reuso. Para os demais parâmetros (DBO, cor e turbidez), os resultados indicaram que o tratamento proposto necessita de aperfeiçoamento, pois o efluente produzido foi enquadrado com uso restrito.

**Palavras-chave: Água Cinza. Tratamento. Reuso.**

## **ABSTRACT**

The scarcity of water in large urban centers, where increasing demand tends to supplant supply, has been a cause for alert. An alternative to the economy of this input is reuse, which has been stimulated mainly due to the law of water resources. This work aims to evaluate the quality of reuse water from a washing machine and a tank located in a service area of a residence. This water was submitted to a treatment whose filter bed was composed of pebbles, sand, activated charcoal and a synthetic blanket, being disinfected with chlorine tablets. The potential of treatment of gray water was evaluated, in pilot scale, by means of the basic system elaborated for the reuse of these waters in residences. In this system, when in full operation, gray water passed through the filter with the three layers of aggregates and, at the end, the effluent was used in the residence for non potable purposes, such as floor washing. Physical-chemical and microbiological analyzes have shown that these waters, despite being less contaminated than the black waters, require adequate treatment to be reused safely. The real local conditions of water availability should be taken into account when proposing reuse of gray water. The following parameters were defined as control variables to evaluate the quality of water produced in the residence: Biochemical Oxygen Demand - DBO, true color, turbidity, pH, free residual chlorine and the presence of total and thermotolerant coliforms. In general, the results showed that the values of pH, free residual chlorine and coliforms are in accordance with the guidelines established by CONAMA Resolution N° 357/2005 and by the American Agency (EPA) for reuse waters. For the other parameters (DBO, color and turbidity), the results indicated that the proposed treatment needs improvement, because the produced effluent was framed with restricted use.

**Keywords: Gray Water. Treatment. Reuse.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação dos tipos de reúso.....	34
Figura 2 – Fluxograma da estação piloto de tratamento da água de reúso.	43
Figura 3 – Filtro composto por seixos, areia e carvão ativado .....	46
Figura 4 – Agregados utilizados no filtro (seixos, areia e carvão ativado)	46
Figura 5 – Primeira camada de seixos .....	48
Figura 6 – Segunda camada de seixos.....	48
Figura 7 – Camada de areia inserida no filtro .....	50
Figura 8 – Camada de carvão ativado .....	51

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Classes e Parâmetros para água de reuso.....	18
Quadro 2 - Composição das águas cinza de acordo com a fonte. ....	26
Quadro 3 - Tipo de aplicação decorrente do tratamento empregado para reuso .....	28
Quadro 4 – Tecnologias comuns para o tratamento de água cinza .....	29
Quadro 5 - Caracterização de águas cinza provenientes de lavanderias.....	31
Quadro 6 – Diretrizes sugeridas para o reuso da água .....	37
Quadro 7 – Características das carreiras de filtração utilizadas na ETA - Piloto	45
Quadros 8 – Primeira carreira de filtração: filtro com seixos.....	49
Quadro 9 – Segunda carreira de filtração: filtro com seixos, manta sintética e areia.....	50
Quadro 10 – Terceira carreira de filtração: filtro com seixos, manta sintética, areia, manta sintética e carvão ativado. ....	52



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>ESCASSEZ DA ÁGUA E AS MEDIDAS MITIGADORAS</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>REUSO DA ÁGUA</b> .....	<b>14</b>
<b>3.3</b>	<b>TRATAMENTO DA ÁGUA CINZA E FORMAS DE REUSO</b> .....	<b>17</b>
<b>3.4</b>	<b>PARÂMETROS RELATIVOS A QUALIDADE DA ÁGUA</b> .....	<b>21</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Parâmetros Físicos</b> .....	<b>21</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Parâmetros Químicos</b> .....	<b>21</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Parâmetros Biológicos</b> .....	<b>22</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Importância dos parâmetros químicos, físicos, e biológicos da água cinza</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5</b>	<b>FILTRÇÃO E DESINFECÇÃO DA ÁGUA CINZA</b> .....	<b>26</b>
<b>3.6</b>	<b>ETAPAS DE TRATAMENTO</b> .....	<b>32</b>
<b>3.6.1</b>	<b>Tratamento prévio ou preliminar</b> .....	<b>32</b>
<b>3.6.2</b>	<b>Tratamento primário</b> .....	<b>32</b>
<b>3.6.3</b>	<b>Tratamento secundário ou biológico</b> .....	<b>32</b>
<b>3.6.4</b>	<b>Tratamento terciário</b> .....	<b>33</b>
<b>3.7</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA DE REUSO</b> .....	<b>33</b>
<b>3.7.1</b>	<b>Reuso potável</b> .....	<b>34</b>
<b>3.7.2</b>	<b>Reuso não potável</b> .....	<b>35</b>
<b>3.8</b>	<b>VANTAGENS E DESVANTAGENS DO REUSO DA ÁGUA</b> .....	<b>38</b>
<b>3.8.1</b>	<b>Vantagens</b> .....	<b>38</b>

<b>3.8.2 Desvantagens .....</b>	<b>39</b>
<b>3.9 LEIS, NORMAS E PADRÕES DO REUSO DA ÁGUA NO BRASIL .....</b>	<b>41</b>
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1 ASPECTOS GERAIS .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2 RESULTADO E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>6 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento populacional, acompanhado pelas mudanças climáticas, vem contribuindo para o aumento da demanda pelos recursos hídricos. Embora a água existente seja um recurso renovável, ela tende a se deteriorar em função do seu uso indiscriminado, o que compromete, conseqüentemente, a quantidade de água com qualidade disponível para consumo nas diversas localidades (RAMPELOTTO, 2014).

É relevante, portanto, o desenvolvimento de tecnologias e soluções alternativas, uma vez que o aumento populacional faz com que a demanda pelos recursos hídricos aumente dia após dia. Mesmo que a água seja um recurso renovável, o uso irresponsável pode comprometer a sua disponibilidade quantitativa e qualitativa. Nesse sentido, o incentivo ao uso racional da água é uma forma de prevenir sua escassez (SELLA, 2011).

O reuso de água, quando bem planejado, tem demonstrado ser uma das alternativas mais interessantes de suprimento. Reusar água é reaproveitar a água recuperada de águas residuárias (efluentes), através da remoção ou não de parte dos resíduos por ela carregada em uso anterior, e usá-la novamente em aplicações menos exigentes que o primeiro uso, encurtando assim o ciclo hídrico da natureza em favor do balanço energético (METCALF; EDDY, 2003 *apud* SCHULZ *et al* 2014).

O reuso da água corresponde ao uso de efluentes, tratados ou não, para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis. A expressão “uso de efluentes” pressupõe o uso de uma água de menor qualidade que a água potável e, por isso, constitui uma alternativa mais plausível para que sejam satisfeitas demandas de água menos restritivas. (MIERZWA E HESPANHOL, 2005 *apud* SCHULZ *et al* 2014).

As técnicas avançadas de tratamento de efluentes líquidos exercem um papel fundamental no tratamento e gerenciamento de efluentes domésticos e industriais, com o objetivo de atingir padrões de qualidade sustentáveis para o ambiente aquático, proteção da saúde pública e para reuso e recirculação da água. As técnicas de tratamento convencionais e avançadas consistem de uma combinação de processos

físicos, físico-químicos e biológicos para remover sólidos sedimentáveis, em suspensão e dissolvidos, matéria orgânica, metais, ânions, nutrientes e organismos patogênicos (TESSELE, 2011).

Assim, apresenta-se neste trabalho uma caracterização e avaliação da qualidade da água cinza procedente da máquina de lavar roupa e de um tanque, para reuso não potável e a viabilidade do sistema em uma residência, levando-se em consideração métodos utilizados para alcançar uma maior eficácia na qualidade da água dentro de um sistema. Serão apresentadas as exigências relacionadas ao consumo e gestão da água, contidas na revisão bibliográfica e na metodologia

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Este trabalho teve como objetivo analisar a água cinza clara oriunda de uma estação piloto instalada em uma residência unifamiliar localizada no Distrito Federal.

### **2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Identificar os potenciais usos da água cinza para reuso;
- Realizar a análise da água de reuso da estação piloto e verificar se está de acordo com os parâmetros estabelecidos para utilização.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este componente do trabalho constituiu de uma extensa pesquisa bibliográfica destacando os temas de reuso da água para fins não potáveis com o foco principal para o reuso de águas cinza. A caracterização das águas cinza foi feita de acordo com a sua origem (banheiro ou lavanderia). Associado ao reuso da água serão abordados métodos, etapas a partir dos critérios de qualidade que são propostos.

#### **3.1 ESCASSEZ DA ÁGUA E AS MEDIDAS MITIGADORAS**

Mesmo o Brasil sendo um país com abundância de recursos hídricos, a escassez da água é preocupante devido a demanda populacional excessiva. A primeira razão dos problemas de escassez é a má distribuição hídrica, onde algumas regiões são privilegiadas com grande quantidade de água como a região amazônica. Outro motivo é o uso irracional da água, como o desperdício e a poluição, levando a qualidade da água a padrões inaceitáveis para o consumo humano (CUNHA, 2008).

O crescimento acelerado dos grandes centros urbanos, as dificuldades de obtenção de financiamentos, o aumento dos investimentos necessários para a realização de projetos e obras de saneamento que atendam às demandas das cidades por meio de mananciais cada vez mais distantes, somados ao crescimento geométrico de áreas irrigadas e aos conflitos de uso que poderão ocorrer, são fatores que têm motivado a adoção de medidas que objetivam a conservação de água (CUNHA, 2010).

Devido ao aumento populacional e o subsequente aumento de demanda por água potável, o estilo de vida em áreas densamente urbanizadas tem sido alterado. Segundo Serpa (2015), uma das mudanças que tem ocorrido está relacionada ao consumo de água, principalmente no que tange às fontes alternativas de água. O tratamento e reuso de água cinza tem sido, a cada dia que passa, um requisito básico para muitos moradores de grandes cidades.

Segundo a Associação Brasileira de Química - ABQ (2015), países com grande disponibilidade hídrica, como é o caso do Brasil, já apresentam problemas de escassez de recursos hídricos, seja por causas naturais ou pela demanda excessiva, principalmente em regiões altamente urbanizadas. Discussões e leis à parte, o fato é que a demanda por água cresce a cada ano e as reservas disponíveis não são inesgotáveis. Nesse sentido, ações devem alertar a sociedade para a importância da economia da água (uso e reuso), até o estabelecimento de políticas públicas que garantam o gerenciamento democrático, sustentável e integrado dos recursos hídricos.

As soluções que preservam a quantidade e a qualidade da água passam necessariamente por uma revisão dos métodos e sistemas relacionados com o uso da água pelas populações, tendo como meta a sua conservação. Segundo Water Use and Conservation Bureau - WUCB (1999), a conservação da água pode ser definida como qualquer ação que:

- Reduza a captação de água dos mananciais;
- Reduza os usos consuntivos;
- Reduza o desperdício ou as perdas de água;
- Aumente a eficiência do uso da água;
- Aumente a reciclagem ou o reuso;
- Previna a poluição da água.

Os programas de conservação de água constituem-se em importantes ferramentas para assegurar a oferta de água potável, por evitar o desperdício e por racionalizar o uso, compreendem ações que resultam em economia de água, incidindo não somente sobre os domicílios, mas também em redes de distribuição e em outras partes do sistema de abastecimento (GONÇALVES, 2006).

### **3.2 REUSO DA ÁGUA**

Em busca de tecnologias limpas, o reuso da água é uma alternativa viável tanto para indústrias como para o uso doméstico, da mesma forma é um meio de economizar os recursos hídricos, conservando aqueles já disponíveis. As iniciativas

de racionalização do uso e de reuso de água se constituem em elementos fundamentais em qualquer iniciativa de conservação, pois atua de forma direta na disponibilidade deste recurso natural para atender o crescimento da população, para implantação de novas indústrias e na preservação e conservação do meio ambiente. (OLIVEIRA; SILVA; CARNEIRO 2013).

O reuso de água pode ser compreendido como alternativa recomendável para satisfazer a demanda menos exigente, liberando as águas de melhor qualidade para uso mais nobre, qual o abastecimento doméstico, e outros usos prioritários. Sendo o reuso um modo de recuperação de água poluída, as propriedades da água utilizada, tais como pH, turbidez, temperatura, presença ou não de metais pesados, concentração máxima de matéria orgânica e de organismos patogênicos, entre outras, definirão a finalidade específica do reuso (SCHULZ; HENKS 2014).

Segundo Allen, Chistian-Smith e Palaniappan (2010), à medida em que as pressões sobre os recursos de água doce crescem em todo o mundo e que novas fontes de abastecimento se tornam cada vez mais escassas, caras ou politicamente controversas, esforços estão em andamento para identificar novas formas de atender às necessidades de água. São de destacar os esforços para reduzir a demanda de água aumentando a eficiência do seu uso e expandindo a utilidade de fontes alternativas de água anteriormente consideradas inutilizáveis. Entre essas possíveis novas fontes de suprimento está a “água cinza”.

O interesse na segregação e reaproveitamento de diferentes efluentes (águas cinzas, negras e pluviais), tem aumentado nos últimos anos, principalmente devido a aspectos econômicos e ecológicos (OTTOSON; STENSTR, 2002). Também é uma maneira de facilitar o tratamento, pois assim torna-se mais viável o reuso das águas cinzas (baixa matéria orgânica) e melhora as condições de tratamento das águas negras (elevada matéria orgânica).

A água cinza é definida de maneira ligeiramente em diferentes partes do mundo, geralmente se refere às águas residuais geradas a partir de usos domésticos, como tomar banho e lavar roupas (ALLEN, CHISTIAN-SMITH, PALANIAPPAN, 2010). Este efluente se distingue da “água negra”, visto que esta água é o efluente



proveniente dos vasos sanitários, contendo basicamente fezes, urina e papel higiênico ou proveniente de dispositivos separadores de fezes e urina, tendo em sua composição grandes quantidades de matéria fecal e papel higiênico. Apresentam elevada carga orgânica e presença de sólidos em suspensão, em grande parte sedimentáveis, em elevada quantidade (GONÇALVES, 2006).

Dividem as águas cinzas em duas categorias: águas cinzas claras e águas cinzas escuras. As águas cinzas claras são águas residuárias provenientes de chuveiros, de lavatórios e de máquinas de lavar roupas. Já as águas cinzas escuras incluem as águas provenientes de pias da cozinha e de máquinas de lavar pratos (HENZE & LEDIN, 2001 *apud* MAY e HESPANHOL, 2008).

Em muitos sistemas de serviços públicos em todo o mundo, a água cinza é combinada com água negra em um único fluxo de águas residuais domésticas. No entanto, a água cinza tem a qualidade muito superior à da água negra, devido ao seu baixo nível de contaminação e maior potencial de reutilização. Quando a água cinza é reutilizada no local ou nas proximidades, ela tem o potencial de reduzir a demanda por novos suprimentos, reduzir a energia e atender a uma ampla gama de necessidades sociais e econômicas. Em particular, a reutilização de água cinza pode ajudar a reduzir a demanda por água potável de alta qualidade e dispendiosa (ALLEN; CHRISTIAN-SMITH; PALANIAPPAN, 2010).

Como forma de propiciar a utilização da água de forma mais sustentável, é de suma importância a utilização de meios que sejam capazes de evitar desperdícios. Uma construção para ser sustentável, segundo Rabêlo (2011), deve ser dotada de mecanismos que possam contribuir para a minimização de impactos ao ambiente desde sua construção até seu uso final, com o aproveitamento de fontes alternativas de energia e águas para fins não potáveis. Tomando-se por base os aspectos do aumento do consumo, a diminuição das reservas disponíveis e o crescente aumento da poluição dos recursos hídricos, vem à tona a questão do “reuso de águas residuais”, sendo uma alternativa para o uso de água de finalidade não potável.

A água cinza representa cerca de 70% da água consumida nas residências, contendo 30% do total da matéria orgânica e 9-20% de nutrientes. Além disso, a

reutilização de águas cinza *in loco* nas residências poderia suprir a demanda de água para vaso sanitário, jardinagem e lavagem de carro e pisos (PIDOU ET AL., 2007). Um estudo realizado na cidade de São Paulo-SP, em 2005, revelou que o vaso sanitário consome cerca de 29% da água potável, ao passo que águas cinzas têm potencial para substituir até 43% da água potável, contabilizando a água de banho, máquina de lavar roupas e tanque (GONÇALVES, 2006).

Para May & Hespanhol (2008), águas cinza, adequadamente tratadas, apresentam certo potencial de reuso para fins não potáveis. Têm pequena variação de vazão durante todo o ano, podem ser facilmente coletadas e, em razão de sua menor concentração de carga orgânica e de organismos termotolerantes (bactérias encontradas no intestino dos seres humanos e animais), exigem um nível de tratamento inferior ao necessário para tratamento de esgotos domésticos. Apresentam características de qualidade diferentes, dependendo de suas origens, ou seja, se são oriundas de lavatórios, de lavagem de roupas ou de chuveiros.

De acordo com a caracterização de qualidade realizada no Brasil (MAY, 2004) e na Turquia (SANTOS & ZABRACKI, 2003), as águas cinza apresentam alto teor de matéria orgânica (o que pode gerar sabor e odor), formação de espumas, alto teor de fósforo (indicador da presença de material fecal), alto teor de nitrato (indicador de toxicidade) e turbidez elevada (presença de sólidos em suspensão).

Para Rabêlo (2011), uma alternativa para o uso de água com finalidade não potável, é interessante a segregação dos efluentes, pois as águas cinza são as ideais para o reaproveitamento por sua baixa carga orgânica.

### **3.3 TRATAMENTO DA ÁGUA CINZA E FORMAS DE REUSO**

O tratamento e desinfecção da água cinza são importantes para a utilização segura e esteticamente adequada da água de reuso. Tecnologias de tratamento de água cinza devem poder lidar com variações na concentração de orgânicos e patogênicos, para produzir um efluente de qualidade adequada e segura (GIDEON ET AL, 2008).

De acordo com o Serpa (2015), a água cinza passando por um tratamento adequado, pode ser utilizada em diversos pontos de uma casa ou empresa. Estes usos incluem água para descarga de banheiros, irrigação de plantas (que gerem, ou não, comida) e limpeza de pisos. A água cinza é uma excelente fonte de nutrientes (tais como o Fósforo e o Nitrogênio) para as plantas.

A água de reuso pode ter sua qualidade dividida em classes, cada uma resumindo os critérios e restrições aplicáveis a cada da situação. Conforme os parâmetros da Resolução CONAMA Nº 357/2005, a utilidade da água para fins não potáveis atende as características definidas nas classes 1, 2, 3 e 4. Em termos gerais, podem ser definidas as seguintes classificações conforme o reuso:

- Classe 1 – ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
- Classe 2 – ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.
- Classe 3 – ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; à dessedentação de animais.
- Classe 4 – à navegação; e à harmonia paisagística.

A Quadro 1 mostra as classes das águas de reuso com os respectivos padrões de qualidade, conforme estabelecido na Resolução CONAMA Nº 357/2005.

**Quadro 1– Classes e Parâmetros para água de reuso**

Classes	Parâmetro						
	Turbidez (UNT)	DBO <sub>5</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	Cor Verdadeira (mg Pt/l)	pH	Coliformes Termot. (NMP/100ml)	Coliforme Total (NMP/100ml)	Cloro Residual Total (mg/L)
1	≤ 40	≤ 3	Natural ao corpo d'água	6 a 9	≤ 200	≤ 1.000	≤ 0,01
2	≤ 100	≤ 5	≤75	6 a 9	≤ 1.000	5.000	≤ 0,01
3	≤ 100	≤ 10	≤75	6 a 9	≤ 4.000*	20.000	NE
4	NE	NE	NE	6 a 9	NE	NE	NE

Legenda:  
 NE – Não Especificado  
 \*Para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes; para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000.

Fonte: Resolução CONAMA Nº 357/2005.

Para Rabêlo (2011) tornam-se necessários estudos que mostrem os reais parâmetros a serem adotados para cada tipo de reuso, fazendo com que esta prática possa ser adotada. Baseando-se em resultados mais realísticos do que os índices atuais divulgados, levando em consideração, principalmente, a questão da saúde pública.

Ainda segundo Rabêlo (2011) a qualidade da água cinza vai depender das diversas atividades domésticas realizadas, sendo que os componentes presentes variam de residência a residência, onde o estilo de vida, costumes, instalações e a quantidade de produtos químicos utilizados irão influenciar.

A água cinza tratada junto à fonte geradora para uso no próprio local apresenta grandes vantagens do ponto de vista energético ao evitar longos

transportes para condução a uma unidade de tratamento para posterior retorno aos pontos de consumo. Por isso é interessante a possibilidade de um sistema de tratamento de fácil operação e manutenção, o qual o usuário possa fazê-lo sem grandes dificuldades e custos (RABÊLO, 2011).

Para Rampelotto (2014), estudos devem abordar alternativas de sistema de aproveitamento e reuso de água para determinar a quantidade de água gerada (oferta) e pelas fontes escolhidas e a quantidade de água destinada às atividades fim (demanda). Tomando-se por base estes valores, devem ser dimensionados os equipamentos, os volumes de reservas necessários, os possíveis volumes complementares de água e escolhidas as tecnologias de tratamentos a serem empregadas. Com base nas alternativas de sistema geradas, determinam-se quais as de maior eficiência, tanto no aspecto técnico quanto econômico.

De acordo com Pidou et al. (2007), sistemas de reuso de águas cinza são encontrados em diversos países, não sendo uma prática recente, pois desde muitos anos atrás a escassez da água é uma preocupação da população mundial. Para esses autores, ainda não foi possível identificar uma tendência específica, um padrão para a localização e tipos de tratamento utilizados, embora se pense que os países favorecerão o reuso considerando o baixo custo e baixa manutenção tecnológica com a finalidade de sempre obter uma economia.

Atualmente, existem poucas tecnologias uniformes de tratamento ou padrões de qualidade para águas cinzas. Em muitos casos, as tecnologias de tratamento fornecidas por diferentes empresas não são claras (ALLEN, CHRISTIAN-SMITH E PALANIAPPAN, 2010).

Porém para Rabêlo (2011) uma ampla variedade de tecnologias tem sido utilizada ou está sendo desenvolvida para o seu tratamento, compreendendo sistemas naturais, processos químicos, físicos, físico-químicos e biológicos.

### 3.4 PARÂMETROS RELATIVOS A QUALIDADE DA ÁGUA

De acordo com Rapoport (2004), parâmetros físicos, químicos e biológicos tem que ser analisados para avaliar a qualidade da água. A seguir, baseado nas referências dessa autora, são mostrados resumidamente, alguns dos principais parâmetros.

#### 3.4.1 Parâmetros Físicos

- **Sólidos totais:** Toda a matéria que permanece como resíduo após evaporação à temperatura de 103°C a 105°C. O material que possui significativa pressão de vapor nesta temperatura é perdido durante a evaporação e não é definido como sólido.
- **Temperatura:** A temperatura das águas residuais é um parâmetro de grande importância devido a seu efeito na vida aquática, podendo causar o decaimento de oxigênio na água devido ao aumento do metabolismo dos seres vivos e florescimento de fungos e plantas aquáticas indesejáveis.
  - **Cor:** Provocada por corantes orgânicos e inorgânicos.
  - **Odor:** provocado pela decomposição da matéria orgânica e a presença de compostos de enxofre.
- **Turbidez:** Presença de partículas em suspensão que interferem na passagem da luz através da água. É esteticamente desagradável e o material particulado pode impedir a ação de alguns agentes desinfetantes como o Ultravioleta (UV) e principalmente a reação com o cloro, desinfetante mais utilizado no país.

#### 3.4.2 Parâmetros Químicos

- **DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio):** É o parâmetro mais usual de medição de poluição orgânica e determina a quantidade aproximada de oxigênio que será necessária para oxidar biologicamente a matéria orgânica presente. O período de incubação é usualmente de cinco dias a 20°C. A estabilização biológica das substâncias orgânicas em uma água contendo oxigênio dissolvido realiza-se em duas fases. Na primeira são atacados os compostos carbonáceos e na segunda a amônia.

- **DQO (Demanda Química de Oxigênio):** É o parâmetro utilizado para medir tanto a matéria orgânica degradável como a não biodegradável (inseticidas, detergentes). Na demanda química de oxigênio a matéria orgânica que pode ser oxidada é medida utilizando-se dicromato de potássio ou qualquer outro oxidante forte. A DQO geralmente é maior do que a DBO em um despejo, em virtude da maior facilidade com que grande número de compostos pode ser oxidado por via química.

- **pH (Potencial Hidrogeniônico):** A concentração hidrogeniônica determina a condição de alcalinidade, neutralidade e acidez e interfere na coagulação química, no controle da corrosão e desinfecção. Em processos de tratamento biológico, físico ou químicos de águas residuais, interfere nas velocidades de tratamento e nas eficiências de consumo de substrato pelos micro-organismos.

- **Metais pesados:** tais como cromo, chumbo, zinco e mercúrio. Não tem função biológica conhecida e são geralmente tóxicos a uma grande variedade de organismos.

- **OD (Oxigênio Dissolvido):** Representa a quantidade de oxigênio dissolvido na água. Provém do contato da água com a atmosfera e da produção por organismos fotossintéticos. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias utilizam o OD para respiração causando conseqüentemente sua redução no meio. Caso o oxigênio seja totalmente consumido surgem condições anaeróbias que ocasionam odores desagradáveis. A solubilidade do Oxigênio varia com a temperatura e pressão.

- **Nitrogênio:** Pode ser encontrado sob várias formas e estados de oxidação no meio aquático entre elas: forma molecular ( $N_2$ ), Amônia ( $NH_3$ ), Nitrito ( $NO_2$ ), Nitrato ( $NO_3$ ) e íon amônio ( $NH_4$ ). Entre as formas que servem como fontes de nitrogênio para os produtores primários está o nitrato e o íon amônio. Altas concentrações do íon amônio podem ter grandes implicações na dinâmica do oxigênio dissolvido do meio já que para oxidar 1,0 mg do íon amônio são necessários cerca de 4,3 mg de oxigênio.

### 3.4.3 Parâmetros Biológicos

- **Vírus:** Multiplicam-se apenas no interior das células animais e vegetais. São agentes causadores de diversas enfermidades. Possuem de 10 a 300 micrometros e podem atravessar filtros que retêm a maioria das bactérias. A maioria

relacionada à água é eliminada, pois o meio é agressivo e não próprio para a multiplicação. Segundo d'Aguila (1996) e Ferreira (1999), a probabilidade de presença de vírus em água se dá pela presença da hepatite vírus A, de alguns causadores da meningite e remotamente pelos poliovírus.

- **Bactérias:** são organismos procariotas, unicelulares que se reproduzem por divisão binária simples. Uma fração importante da população de bactérias presente no esgoto sanitário faz parte da microbiota do trato intestinal dos seres humanos. Dentre elas, destaca-se o grupo das bactérias coliformes fecais, recentemente denominadas termotolerantes, selecionadas por suas características, como organismos indicadores de contaminação de águas de modo geral. Normalmente, os organismos indicadores não são causadores de doenças, porém, estão associadas às prováveis presenças de organismos patogênicos de origem fecal na água.

- **Enterococos:** bactérias do grupo dos estreptococos fecais, pertencentes ao gênero *Enterococcus* (previamente considerado estreptococos do grupo D), o qual se caracteriza pela alta tolerância às condições adversas de crescimento, tais como: capacidade de crescer na presença de 6,5% de cloreto de sódio, a pH 9,6 e nas temperaturas de 10° e 45°C. A maioria das espécies de *Enterococcus* é de origem fecal humana, embora possam ser isolados de fezes de animais.

- **Coliformes totais (bactérias do grupo coliforme)** - bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35,0 \pm 0,5$  °C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo;

- **Coliformes termotolerantes** - subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a  $44,5 \pm 0,2$  °C em 24 horas. Tem como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal; bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais caracterizadas pela presença da enzima  $\beta$ -galactosidase e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C em meios contendo sais biliares ou outros agentes



tenso-ativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de presentes em fezes humanas e de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica.

- ***Escherichia coli*** - bactéria pertencente à família *Enterobacteriaceae*, caracterizada pela presença das enzimas  $\beta$ -galactosidase e  $\beta$ -glicuronidase. Cresce em meio complexo a 44-45°C, fermenta lactose e manitol com produção de ácido e gás e produz indol a partir do aminoácido triptofano. É considerado o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos. Também é abundante em fezes humanas e de animais, tendo, somente, sido encontrada em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente.

- **Protozoários:** Organismos unicelulares, eucariotas. O ciclo de vida dos protozoários relacionados ao esgoto é composto de um estágio vegetativo e um estágio inativo que permite ao organismo sobreviver em condições adversas. Os protozoários patogênicos aos seres humanos mais comuns são *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, e mais recentemente atenção vem sendo dada ao *Cryptosporidium*. Os cistos apresentam sobrevivência moderada no meio ambiente, porém são bem mais resistentes que as bactérias e os vírus a ação dos desinfetantes. Por outro lado, apresenta tamanho (04 - 60  $\mu$ m) e densidades que favorecem sua remoção por sedimentação e filtração.

- **Helmintos:** Organismos eucariotas, pluricelulares. Os helmintos patogênicos aos seres humanos pertencem a dois filos Platelmintos que são vermes de corpo achatado (Classe trematoda e Classe cestoda) e Asquelmintos, vermes de corpo cilíndrico (Classe Nematoda). Apresentam-se sob a forma de ovos ou larvas e são visíveis ao microscópio ótico. Os ovos atingem de 20 a 50  $\mu$ m. Os ovos são resistentes no meio ambiente e à ação da maioria dos desinfetantes. Sua remoção é preferencialmente realizada em processos de separação sólido/líquido (filtração e sedimentação), devido ao tamanho e a densidade de ovos e larvas.

### 3.4.1 Importância dos parâmetros químicos, físicos, e biológicos da água cinza

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas cinza variam por diversos fatores, entre eles estão a qualidade da água de abastecimento, o uso de

produtos de limpeza, a localidade, a faixa etária dos usuários, a classe social, a fonte de água cinza utilizada, entre outros.

Dentre os parâmetros físicos, as águas cinza, de maneira geral, possuem os índices de turbidez e concentração de sólidos altos, dando um aspecto desagradável, principalmente, à visão e ao olfato, causando rejeição por parte dos usuários, além de impedir a ação de alguns agentes desinfetantes, como o ultravioleta e o cloro, por proteger os patogênicos (RAMPELOTTO, 2014).

Segundo Rampelotto (2014), quanto aos parâmetros químicos, um dos mais importantes é o pH (Potencial Hidrogeniônico) da água que indica acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. As águas cinza possuem o pH próximo a neutralidade, se provenientes de máquinas de lavar, lavatórios e chuveiros, o que pode provocar um aumento desse valor na água cinza, é a presença de sabões nas máquinas de lavar. Níveis de pH fora da neutralidade podem provocar corrosões e também prejudicar o tratamento da água, diminuindo a velocidade do mesmo.

Os parâmetros biológicos são de extrema importância na questão de saúde do usuário. Embora a água cinza não receba contribuição da água proveniente de vasos sanitários, ainda há presença significativa de coliformes termotolerantes, representado essencialmente pelo *Escherichia coli* (origem exclusivamente fecal), os quais não são patogênicos, mas a sua presença em grande número é um bom indicador da existência de micro-organismos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (ANA, 2009). Esse indicador é oriundo da higienização das mãos, banho, lavagem de roupas e mais, da higienização de alimentos contaminados.

A presença de matéria orgânica nas águas cinza ainda é expressiva, emana restos de alimentos, óleos, graxas, sabões e resíduos corporais se for proveniente de todos os processos domésticos como lavar louça, roupa e tomar banho. A matéria orgânica tem importância devido à toxicidade, as condições sépticas, e ao consumo de oxigênio, sendo que sua decomposição pode apresentar maus odores. (ANA, 2009)

As composições das águas cinza podem variar de acordo com a fonte que as fornece. No Quadro 2 são explicitados os possíveis conteúdos presentes nos seus respectivos efluentes.

**Quadro 2 - Composição das águas cinza de acordo com a fonte.**

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

Fonte: Adaptado de Allen et al., 2010, *apud* WHO-ROEM, 2006

### 3.5 FILTRÇÃO E DESINFECÇÃO DA ÁGUA CINZA

Jefferson et al. (2000), cita que as águas cinza são fruto de operações domésticas e são constituídas de efluentes provenientes de pias, chuveiros, máquinas de lavar e pias de cozinha. Variam na sua composição de acordo com os produtos que são empregados no domicílio. O armazenamento de água cinza também deve ser considerado para que haja um balanceamento entre oferta e demanda, uma vez que estas águas não são utilizadas ao mesmo tempo em que são geradas. Este tempo de

retenção afeta a qualidade do produto. Sendo assim, os tanques de armazenamento devem ser projetados de forma a um armazenamento ideal. O aumento da capacidade de estocagem pode ocasionar problemas decorrentes da não utilização total da água e conseqüente degradação.

Ainda segundo o autor, de acordo com as características das águas cinza, é necessário que haja um tratamento adequado para evitar contaminação do usuário. Esse tratamento pode ser feito por meio de processos de filtração e desinfecção que quando empregados, removem parcialmente os coliformes do efluente, o qual permanece ainda com alta turbidez e poluição orgânica. Da mesma forma, o autor aborda estudos com filtragem profunda com areia ou membranas.

Os resultados apontaram para uma maior eficiência tanto na remoção de poluentes físicos (SS e turbidez) como para coliforme total 100% de eficiência pelo bioreator com membrana. Mesmo assim, acrescenta que uma posterior desinfecção se faz necessária. Jefferson et al. (1999), alerta que o desafio para implantação de sistemas de reuso está no desenvolvimento de estratégias tecnológicas simplificadas que satisfaçam às exigências.

Segundo as normas para sistemas de tratamento das águas cinza domésticas (2000) do 'NSW HEALTH department', Austrália, as águas cinza provenientes do banheiro são consideradas as menos contaminadas. Microbiologicamente, as concentrações de coliformes termotolerantes estão em torno de  $10^4$  a  $10^6$  UFC/100ml. As águas provenientes da pia da cozinha são mais poluídas que as demais. Os sabões são os contaminantes mais comuns, outros a serem considerados são xampus, pastas de dente e produtos químicos. Estes contaminantes podem afetar o solo quando dispostos inadequadamente e são difíceis de serem removidos das águas cinza.

O Quadro 3 mostra que o tipo de utilização que será dado às águas cinza deverá estar de acordo com o tratamento empregado.

**Quadro 3 - Tipo de aplicação decorrente do tratamento empregado para reuso**

Tratamento	Aplicação
Filtração grosseira (sem água de cozinha)	Irrigação subsolo
Tratamento e desinfecção (padrão 20 mg/l DBO5, 30 mg/l SS, CT30 UFC/100ml)	Irrigação subsolo Irrigação superfície
Tratamento e desinfecção (padrão acima) sendo 10 UFC CT/100ml	Irrigação subsolo Irrigação superfície Descargas sanitárias Uso em lavanderia

Fonte: Rapoport, 2004

De acordo com Rapoport (2004), a eficiência do processo de desinfecção é medida pela análise de coliformes termotolerantes como indicador de contaminação por microorganismos. Alguns organismos patogênicos (ex. *Cryptosporidium*) são resistentes a desinfecção e, além deste fato, a ação desinfetante do cloro é variável contra diferentes tipos de micro-organismos. Desta forma, o reuso de águas cinza tem de ser realizado com cuidado.

A desinfecção não será efetiva se anteriormente não for feito um tratamento para baixar a DBO e os sólidos em suspensão, para produção de um efluente clarificado e com baixa matéria orgânica (GREYWATER REUSE IN SEWERED SINGLE DOMESTIC PREMISES, 2000).

Os sistemas de água que envolvem o armazenamento de água cinza devem tratar esta água para reduzir as bactérias e outros micro-organismos que podem se multiplicar na água estagnada. (ALLEN, CHISTIAN-SMITH E PALANIAPPAN, 2010).

Para Allen, Chistian-Smith e Palaniappan (2010) os sistemas de tratamento físico e químico utilizam principalmente a desinfecção e a filtração para remover os contaminantes, enquanto o tratamento biológico utiliza biorreatores de aeração e membrana. O Quadro 4 fornece uma lista de tecnologias comuns de tratamento de água cinza e algumas de suas respectivas vantagens e desvantagens.

**Quadro 4 – Tecnologias comuns para o tratamento de água cinza**

<b>Tratamento Tecnológico</b>	<b>Descrição</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Desinfecção	Cloro, ozônio ou luz ultravioleta podem ser usados para desinfetar a água cinza.	Altamente eficaz em eliminar bactérias se adequadamente projetado e operado, baixa habilidade do operador requerido.	Cloro e ozônio podem criar subprodutos tóxicos, ozônio e ultravioleta podem ser afetados negativamente por variações no conteúdo orgânico de água cinza.
Filtro de Carvão Ativado	O carvão ativado possui minúsculos poros entre os átomos de carbono. Isso resulta em alta porosidade superficial com áreas de 300- 2.000 metros quadrados por grama. Estes filtros são assim amplamente utilizado para absorver o odor, a cor e substâncias de gases ou líquidos.	Operação simples, carvão ativado é particularmente bom em matéria orgânica e produtos químicos, bem como compostos inorgânicos como cloro.	Alto custo de capital, muitos outros produtos químicos não são atraídos pelo carbono - Sódio, nitratos, etc. Isso significa que um filtro de carvão ativado só irá remover certas impurezas. Isso também significa que, uma vez que todos os locais de ligação estão cheios, o carvão ativado do filtro deixa de funcionar.
Filtro de Areia	Leitos de areia ou em alguns casos cascas grossas ou palha que prendem e absorvem contaminantes da água que flui através deste.	Operação simples, baixa manutenção, baixos custos de operação.	Alto custo de capital, reduz patógenos, mas não elimina eles, sujeitos a entupimento se sobrecarregado.
Tratamento Biológico Aeróbico	O ar é inserido para transferir oxigênio do ar para a água cinza. Bactérias presentes consomem o oxigênio dissolvido e digerem os contaminantes orgânicos.	Alto grau de flexibilidade de operações para acomodar a água cinza de qualidades e quantidades variadas e permite tratamento da água a ser armazenada.	Alto custo de capital, alto custo operacional, complexidade operacional, não remove todos os patógenos.
Biorreator de membrana	Usa tratamento biológico aeróbico e filtração juntos para induzir a eliminação de contaminantes orgânicos de todos os patógenos.	Altamente eficaz, se projetado e operado corretamente, alto grau de flexibilidade de operações para acomodar a água cinza de qualidade variada, permite o tratamento da água a ser armazenada.	Alto custo de capital, alto custo operacional, requisitos operacionais complexos.

Fonte: Allen, Chistian-Smith e Palaniappan, 2010

De acordo com Allen, Chistian-Smith e Palaniappan (2010), muitos sistemas básicos de tratamento e armazenamento de água cinza também incorporam filtros de carvão ativado e/ou argila e desinfecção (por exemplo, cloração, purificação com radiação ultravioleta).

Alguns sistemas de água cinza usam tratamento biológico aeróbico. Esses sistemas geralmente podem ser ampliados ou diminuídos, dependendo da quantidade de água cinza produzida. As tecnologias de tratamento incluem filtros de membrana para remover contaminantes, bactérias e vírus, juntamente com o tratamento biológico aeróbico. O tratamento biológico aeróbico envolve aeração para aumentar o oxigênio dissolvido e ativar bactérias presente na água cinza para consumir o oxigênio e digerir os contaminantes orgânicos. (ALLEN; CHISTIAN-SMITH; PALANIAPPAN, 2010).

As análises mais comuns realizadas na água são as físico-químicas e biológicas (bactérias, algas, protozoários e raramente vírus). No Quadro 5 mostra um resultado de análise de uma amostra de água cinza de uma lavanderia, avaliando alguns dos parâmetros necessários para determinar a qualidade da água.

**Quadro 5 - Caracterização de águas cinza provenientes de lavanderias.**

	Christova – Boal el al. (1998) <sup>1</sup>	Siegrist et al. (1976) <sup>1</sup>	Bazzarella (2005)
	Lavanderia	Lavanderia	Lava-roupas
<b>Parâmetros Fisico-químicos</b>			
DQO mg/L	-	-	521
DBO <sub>5,20</sub> mg/L	48-290	380	184
Ptotal mg/L	0,062-42	57	14,4
NTK mg/L	1-40	21	3,6
Nam mg/L	<0,1 – 1,9	0,7	1,5
Nitrito mg/L	-	-	0,11
pH	9,3 - 10	-	-
SST mg/L	-	280	53
Turbidez UT	50 – 210	-	-
Temperatura	-	32	-
Condutividade	190 – 1400	-	-
Alcalinidade	83 – 200	-	-
Óleos e graxas	8 – 35	-	-
Cloreto	9 - 88	-	-
<b>Parâmetros Bacteriológicos</b>			
CT NMP/100ml	2,3x10 <sup>3</sup> - 3,3x10 <sup>5</sup>	85 – 8,9x10 <sup>5</sup>	537
CTer NMP/100ml	110 – 1,09x10 <sup>3</sup>	9 – 81,6x10 <sup>4</sup>	-
Bazzarella (2005).		NTK: nitrogênio total Kjeldahl	
DQO: demanda química de oxigênio		Nam: nitrogênio amoniacal	
DBO <sub>5,20</sub> : demanda bioquímica de oxigênio no 5 <sup>o</sup> dia à 20 °C		pH: potencial hidrogeniônico	
SST: sólidos suspensos totais		CT: coliformes totais	
E. coli: Escherichia coli		CTer: coliformes termotolerantes	
Ptotal: Fósforo total		NMP: Número mais provável	

Fonte: Adaptado de BAZZARELLA (2005).



## **3.6 ETAPAS DE TRATAMENTO**

As etapas de tratamento vão depender da água efluente que se deseja obter. Segundo Telles e Costa (2010), o tratamento pode abranger diferentes etapas:

### **3.6.1 Tratamento prévio ou preliminar**

Têm por objetivo a separação de efluente líquido dos materiais sólidos mais grosseiros, detritos minerais, materiais carregados, óleos e graxas. Alcançam este objetivo as grades, caixas de areia, caixas de gordura ou tanque de equalização de vazões, entre outros.

### **3.6.2 Tratamento primário**

Usualmente caracterizado por uma unidade de sedimentação, logo após o tratamento prévio, a fim de remover os sólidos sedimentáveis que chegam ao fundo da unidade por gravidade ou por adição de produtos químicos gerando lodo. Usualmente, a soma dessas duas etapas remove cerca de 60 a 70% dos sólidos suspensos, de 20 a 45% da DBO e de 30 a 40% dos coliformes. Os processos cumprem com esta etapa são os tanques de sedimentação ou clarificadores.

### **3.6.3 Tratamento secundário ou biológico**

Tem por função promover a degradação biológica da matéria orgânica presente nos sólidos dissolvidos ou finamente particulados. Auxilia também na remoção de coliformes e nutrientes (nitrogênio e fósforo). Pode ser realizado de forma biológica aeróbia, anaeróbia ou a combinação em série das duas:

- No processo aeróbio as bactérias são os principais agentes, o oxigênio é inserido no sistema artificialmente, como é o caso dos lodos ativados e das lagoas aeradas, ou naturalmente como nos filtros biológicos.
- O processo anaeróbio é baseado na ação de bactérias anaeróbias, ou seja, o processo não usufrui do oxigênio. É o caso dos reatores anaeróbios de fluxo ascendente, filtros anaeróbios e de fluxo ascendente, digestores de lodo e tanque sépticos.

### 3.6.4 Tratamento terciário

É responsável pela finalização do tratamento, removendo a matéria orgânica complementar, os compostos não biodegradáveis, os sólidos inorgânicos dissolvidos, os poluentes, os nutrientes e as patogenias, sendo estes dois últimos as principais características da etapa terciária no tratamento de águas cinza.

## 3.7 CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA DE REUSO

O reuso de água pode ser classificado em reuso indireto ou direto. O reuso direto é aquele onde ocorre a conexão direta dos efluentes de uma estação de tratamento de esgotos a uma estação de tratamento de água e, em seguida, ao sistema de distribuição. O reuso indireto é a diluição do esgoto após tratamento em um corpo hídrico no qual após algum tempo de detenção é efetuada a captação seguida de tratamento adequado e posterior distribuição. (RAPOPORT, 2004).

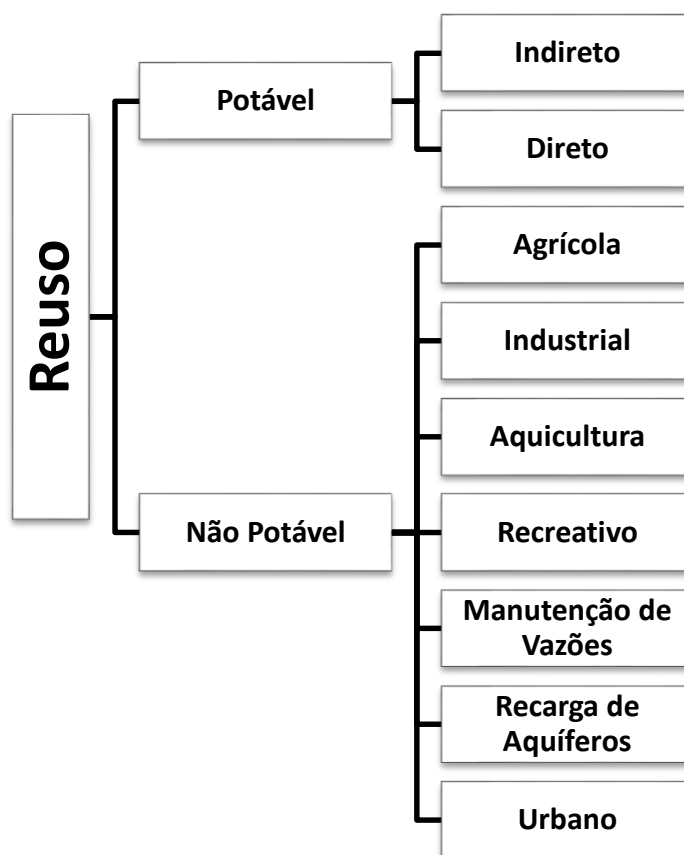
Lavrador (1987), sugere a seguinte terminologia para diversas formas de reuso:

- **Reuso indireto não planejado da água:** É aquele em que a água utilizada em alguma atividade humana é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada à jusante em sua forma diluída de maneira não intencional e não controlada
- **Reuso indireto planejado da água:** Ocorre quando os efluentes depois de tratados são descarregados de forma planejada para serem reutilizados a jusante.
- **Reuso direto planejado da água:** Ocorre quando os efluentes, após convenientemente tratados, são encaminhados diretamente do seu ponto de descarga até o local do reuso, sofrendo em seu percurso os tratamentos necessários, mas não sendo descarregados no meio.
- **Reciclagem de água:** É o reuso interno da água antes da sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição para

servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original. É um caso particular de reuso direto.

Segundo Westerhoff (1984), o reuso de água é classificado em duas categorias: reuso potável e reuso não potável e essa classificação foi adotada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental de São Paulo e divulgada nos Cadernos de Engenharia Sanitária e Ambiental. Essa classificação encontra-se detalhada na Figura 1.

**Figura 1 - Classificação dos tipos de reuso**



Fonte: Westerhoff (1984)

### 3.7.1 Reuso potável

- Direto: quando as águas residuais recuperadas, por meio de tratamento avançado, são diretamente reutilizadas no sistema de água potável.

- Indireto: as águas residuais após tratamento, são dispostas na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação

natural e subsequentemente captação, tratamento e finalmente utilizadas com água potável.

### 3.7.2 Reuso não potável

- Para fins agrícolas: fertirrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais, etc., e plantas não-alimentícias, tais como pastagens e forrageiras, e ainda dessedentação de animais.
- Para fins industriais: abrange os usos de refrigeração, águas de processo, para utilização em caldeiras, etc.
- Para fins urbanos: casos de reuso de água para rega de jardins, plantas ornamentais, campos de esportes e parques, para descargas sanitárias, lavagem de pavimentos e veículos, e enchimento de lagoas ornamentais, recreacionais, etc.
- Para manutenção de vazões de cursos d'água: utilização de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras em cursos de água, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.
- Para aquicultura: consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando à obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando os nutrientes presentes nos efluentes tratados.
- Recarga de aquíferos subterrâneos: pode se dar de forma direta, pela injeção de efluente tratado sob pressão, ou de forma indireta, utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante.

As diretrizes são estabelecidas para minimizar as possibilidades de contaminação e orientar na tomada de decisões, proporcionando uma referência comum, para a criação de normas e padrões. Normalmente apresentam os tratamentos mínimos necessários, os padrões de qualidade exigidos para os usos, a eficiência exigida para o tratamento, a concepção do sistema de distribuição e o controle de usos de áreas. Os padrões são imposições legais estabelecidos por autoridade competente, através de leis ou regulamentos, a nível nacional, adaptando diretrizes às prioridades e levando em consideração

as limitações, características técnicas, econômicas, sociais e culturais locais, os riscos e os benefícios (HESPANHOL, 1999).

O manual de reuso de água da Environmental Protection Agency - EPA (2004), apresenta algumas diretrizes como: sugestões de processos de tratamento de efluentes; de qualidade da água para reuso; de monitoramento; e as distâncias mínimas para proteger as fontes de água potável de contaminações e as pessoas de riscos a saúde, devido à exposição à água recuperada. As diretrizes sugeridas são apresentadas no Quadro 6 baseadas na informação de reuso nos Estados Unidos, porém condições locais podem limitar a aplicação destas diretrizes.

**Quadro 6 – Diretrizes sugeridas para o reuso da água**

Tipos de Reuso	Tratamento	Qualidade de água recuperada						Monitoramento de água recuperada	Distâncias recomendadas
		pH	DBO	Turbidez	SS	Coliformes Termotolerantes/ 100mL	Cloro Residual		
Reuso Urbano	Secundário Filtração Desinfecção	6 - 9	≤ 10 mg/L	≤ 2 uT	-	Não detectável	1 mg/L	pH, DBO, Turbidez, Coliformes e Cloro Residual	15 m dos poços de captação de água potável.
Irrigação de área de acesso restringida	Secundário Desinfecção	6 - 9	≤ 30 mg/L	-	≤30 mg/L	≤200 coli Termotolerantes/ 100mL	1 mg/L	pH, DBO, Sólidos em Suspensão, Coliformes e Cloro Residual	90 m dos poços de captação de água 30 m de áreas acessíveis ao público (se por aspersão).
Reuso na agricultura	Secundário Filtração Desinfecção	6 - 9	≤ 10 mg/L	≤ 2 uT	-	Não detectável	1 mg/L	pH, DBO, Turbidez, Coliformes e Cloro Residual	15 m dos poços de captação de água potável.
Recreação	Secundário Filtração Desinfecção	6 - 9	≤ 10 mg/L	≤ 2 uT	-	Não detectável	1 mg/L	pH, DBO, Turbidez, Coliformes e Cloro Residual	150 m dos poços de captação de água potável (mínimo) se o fundo não for impermeabilizado.
Paisagístico	Secundário Desinfecção	-	≤ 30 mg/L	-	≤30 mg/L	≤ 200 coli Termotolerantes/ 100mL	1 mg/L	DBO, Sólidos em Suspensão, Coliformes e Cloro Residual	150 m dos poços de captação de água potável (mínimo) se o fundo não for impermeabilizado.
Usos na Construção	Secundário Desinfecção	-	≤ 30 mg/L	-	≤30 mg/L	≤ 200 coli Termotolerantes/ 100mL	1 mg/L	DBO, Sólidos em Suspensão, Coliformes e Cloro Residual	-
Reuso potável indireto	Secundário Filtração Desinfecção Tratamento Avançado	6,5 – 8,5	-	≤ 2 uT	-	Não detectável	1 mg/L	pH, Turbidez, Coliformes, Cloro Residual, padrões de qualidade de água - trimestralmente	600 m de poços de extração, podendo variar de acordo com as condições específicas do local.

Fonte: Adaptado EPA, 2004.

## 3.8 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO REUSO DA ÁGUA

### 3.8.1 Vantagens

A grande vantagem da utilização da água de reuso é a de preservar a água potável, reservando-a exclusivamente para o atendimento das necessidades que exijam a sua potabilidade para abastecimento humano e também a diminuição da demanda sob os mananciais de água pura devido à substituição da fonte, ou seja, a substituição de uma água de boa qualidade por outra inferior, porém que contenha a qualidade requerida para o destino traçado para ela. Outra vantagem relevante do reuso é a eliminação de descarga de esgotos nas águas superficiais, já que há um tratamento na água e os produtos resultantes do processo são destinados para locais adequados. (FERNANDES, 2006).

O reuso da água é definido por Lavrador (1987), como o aproveitamento de águas residuais de atividades domésticas e industriais, utilizadas uma ou mais vezes, para o seu uso original ou não. Quando a água é reutilizada internamente para seu uso original antes de sua disposição no ambiente ou sistema de tratamento, configura-se a “reciclagem da água” (BREGA FILHO E MANCUSO, 2003 *apud* REZENDE, 2016).

A utilização de águas residuais domésticas como fonte alternativa de água apresenta diversas vantagens, como por exemplo (FLORENCIO, BASTOS E AISSE, 2006; ASANO, 2002, *apud* REZENDE, 2016):

- Alívio da demanda e preservação da oferta de água para usos múltiplos;
- A reciclagem de nutrientes, proporcionando economia de insumos, como fertilizantes e ração animal;
- A ampliação de áreas irrigadas e a recuperação de áreas degradadas ou improdutivas;
- A redução do lançamento de esgotos em corpos receptores, reduzindo impactos ambientais;
- A promoção, em longo prazo, de uma fonte confiável de abastecimento de água dentro de uma comunidade;

- O gerenciamento da demanda de água em períodos de seca, no planejamento global dos recursos hídricos;
- O encorajamento da população para conservar a água e adoção de práticas de reuso.

Segundo a FIESP (2005), há uma vantagem econômica da adequação do sistema, obtida pela substituição de componentes convencionais por economizadores, porém depende das condições locais. Por essa razão, antes da implementação dessa ação, recomenda-se uma avaliação econômica das atividades necessárias para a alteração do sistema que têm por objetivo reduzir o consumo de água. Assim, deve-se verificar, com antecedência, os componentes a serem especificados, seus respectivos custos, inclusive de mão-de-obra e, ainda, a necessidade de obras civis.

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), instituído em abril de 1997 pelo Governo Federal, tem por objetivo geral promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos e a postergação de parte dos investimentos para a implantação dos sistemas.

### **3.8.2 Desvantagens**

De acordo com a FIESP (2005), a escolha das fontes alternativas de água deve levar em consideração não só os custos de implantação, mas também os custos envolvidos devido à descontinuidade do fornecimento, principalmente à necessidade de garantia da qualidade da água oferecida, sempre privilegiando a saúde pública, dos usuários diretos e indiretos. O manejo e a gestão inadequada desse processo de reuso podem expor os usuários e as atividades ligadas a essa água em riscos (BRASIL, et al. 2005, p. 50 *apud* SCHULZ *et al.* 2014): utilizar água não proveniente da concessionária traz o ônus de alguém se tornar “produtor de água” e, portanto, responsável pela gestão qualitativa e quantitativa deste insumo. Cuidados específicos devem ser considerados para que não haja risco de contaminação a pessoas ou produtos ou de dano a equipamentos.



Para Cunha (2008), o reuso de água é possível desde que seja devidamente planejado, ou seja, evitar que a água de reuso sejam misturadas à água tratada e não permitir o seu uso para usos potáveis como preparação de alimentos e higiene pessoal. Porém, a qualidade necessária para atender aos usos previstos deve ser rigorosamente avaliada, para a garantia da segurança sanitária. Algumas das desvantagens ou limitações são:

- Impactos (as águas durante a reutilização vão concentrando os poluentes, alterando as características do esgoto doméstico dificultando o seu tratamento e a autodepuração);
- Os riscos associados à saúde humana (transmissão de doenças infecciosas devido aos patógenos presentes, as substâncias químicas e a produtos farmacêuticos); e
- A aceitabilidade (a opinião pública é fundamental para a viabilidade do reuso).

Segundo Hespanhol (2001), os riscos com os usos não potáveis são menores que os riscos de usos potáveis, porém eles existem e devem ser considerados, uma vez que há possibilidade de contato direto do público com os gramados de parques, jardins, hotéis, áreas turísticas, campos de esporte, descargas sanitárias e torneiras de área comum. Hespanhol também destaca que neste tipo de reuso as maiores dificuldades estão relacionadas aos custos elevados de sistemas de distribuição, dificuldades operacionais e riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas. No entanto, estas dificuldades podem ser minimizadas em regiões que ainda estão se desenvolvendo, onde há possibilidade de um planejamento da infraestrutura.

O perigo relacionado à saúde, associados aos tipos de reuso urbano, se dá pelo contato com a água de reuso, podendo ser de várias formas como por ingestão acidental, contato com a pele e inalação de aerossóis e podem ser divididos em riscos químicos ou biológicos (BLUM, 2003).

### **3.9 LEIS, NORMAS E PADRÕES DO REUSO DA ÁGUA NO BRASIL**

No Brasil, não existem normas e padrões específicos para regulamentar e direcionar o reuso de águas residuárias e isto se deve à falta de tradição quanto à aplicação desta prática. A legislação apenas estabelece limites máximos de impureza para cada destino específico da água. Estes limites, chamados de padrões de qualidade, foram estabelecidos em 1986 pela resolução nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), atualizada pela resolução nº 357/2005 e nº 430/2011. A Resolução define quatro classes e mais uma especial, e classifica as águas como doces, salobras e salinas, estabelecendo parâmetros físico-químicos para cada classe dos corpos d'água, de acordo com a utilização que deve ser dada às mesmas. Apesar de a Resolução definir padrões para o lançamento de efluentes, vale ressaltar que as regras estabelecidas não satisfazem os problemas que eventualmente podem aparecer no reuso de águas residuais (MIERZWA, 2002; PASCHOLATO ET AL., 2004; VIVACQUA, 2005).

Para que o reuso seja praticado de forma segura é imprescindível que especificações legais para a qualidade da água sejam determinadas por órgãos públicos, sejam eles de caráter internacional, nacional, regional ou local, conforme recomenda Escalera (1995). O autor ainda lembra que os padrões especificados podem variar de acordo com as diferenças de cada localidade, mesmo dentro de um mesmo país. Por exemplo, de acordo com Santos (1993), em todo o mundo, o reuso de água tem sido praticado com base nas determinações da OMS e da EPA. Porém, mesmo entre aquelas organizações, há diferenças quanto às orientações a serem seguidas. No caso de países onde as infecções parasitárias são comuns, as orientações recomendadas pela OMS para o reuso de água são menos restritivas, quando comparadas com os da EPA, sendo dirigidas, principalmente, para a remoção de helmintos.

Assim como já destacado no Brasil, ainda não há normalização específica para os sistemas de reuso da água. O que se tem praticado é a adoção dos padrões

internacionais ou mesmo a adoção de orientações técnicas produzidas por instituições privadas (GIACCHINI, 2010).

As avaliações legais têm se baseado nas legislações de outros países, principalmente nos critérios de qualidade para reuso da Organização Mundial da Saúde (OMS), entendida como referência mundial.

Um exemplo disso são as especificações publicadas no manual elaborado pela Funasa, que trata, entre outros aspectos, da grande importância aos aspectos estéticos da água reciclada. De acordo com o manual, para um reuso vinculado ao adorno arquitetônico, exige-se grau de transparência, ausência de cor, odor, espuma, ou qualquer outra substância ou componentes flutuantes (FUNASA, 2004).

Mesmo com o aparato legal referente aos recursos hídricos e tendo possibilidade de implantar novas leis relativas ao reuso, é pouco provável, que no Brasil se estabeleça um único programa de reuso em nível nacional. Iniciativas regionais talvez sejam mais adequadas devido às proporções geográficas e às características distintas de cada região. Os projetos serão bem-sucedidos quando houver um esforço conjunto das secretarias municipais e estaduais com as companhias de saneamento (HESPANHOL, 2003 *apud* ALMEIDA 2011).

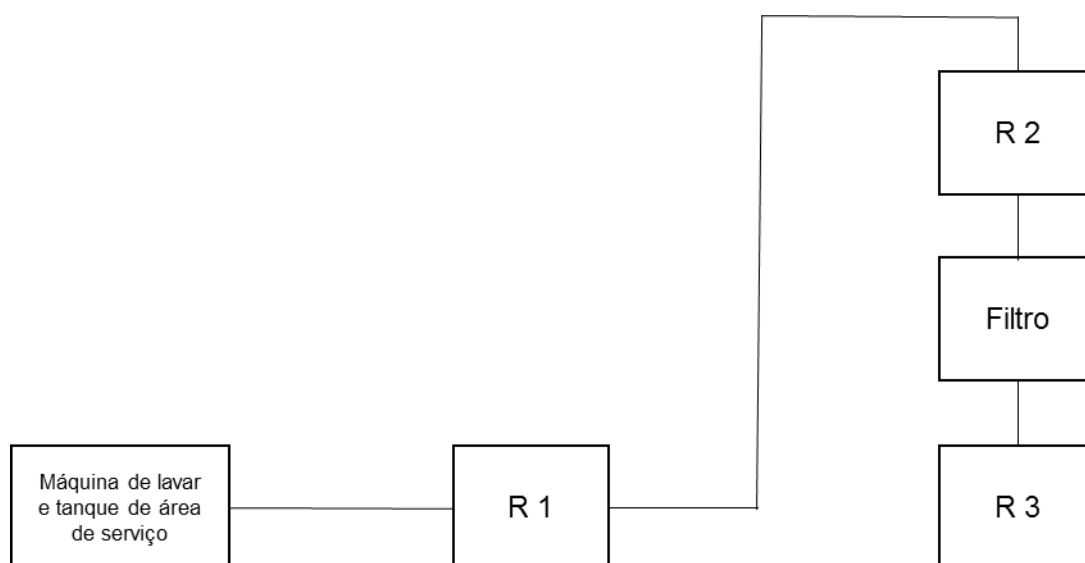
## 4 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o presente trabalho teve como base uma pesquisa de cunho experimental em uma residência unifamiliar, visando o reuso da água cinza e avaliando a qualidade da água com base em experiências nacionais e internacionais sobre o reuso urbano.

### 4.1 ASPECTOS GERAIS

Á água de reuso produzida e avaliada foi oriunda de uma estação piloto constituída por um sistema de filtração, cujo leito filtrante era composto seixo, areia, carvão ativado e manta sintética. Ao final desse tratamento, a água recebia a adição de uma pastilha de cloro. A Figura 2 mostra o fluxograma da estação piloto utilizada no trabalho (ETA – piloto).

**Figura 2 – Fluxograma da estação piloto de tratamento da água de reuso**



Legenda:

R 1 = reservatório apoiado de água bruta.

R 2 = reservatório elevado de água bruta.

R 3 = reservatório de água tratada.

Fonte: Autor

Os pontos de coleta de amostra de água para fins de análise laboratorial aconteceram em dois locais da ETA – piloto: no reservatório de água bruta (R 1) e no

reservatório de água tratada (R 3). Os locais de coleta de amostra podem ser observados na Figura 2.

Durante o trabalho, foi efetuada a caracterização da água de reuso que seria utilizada na pesquisa. Tratou-se, portanto, de uma água cinza clara, pois a mesma não era proveniente de pia de cozinha ou de máquina de lavar pratos. Desse modo, quando a água possui essas origens, ela é caracterizada como água cinza escura, conforme classificação de água de reuso estabelecida por Henze & Ledin, 2001 *apud* MAY, 2009.

Os efluentes dos dois pontos de amostragem foram coletados em 6 frascos, utilizando 3 frascos para coleta em cada ponto como recomendado pelo laboratório, sendo um dos frascos de âmbar de 250 mL, e os outros dois de plástico, um com 500mL e outro com capacidade de 1L, todos fornecidos pelo Laboratório Tommasi, o qual realizou as análises os seguintes parâmetros:

- Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO;
- Cor Verdadeira;
- Turbidez;
- pH;
- Cloro Residual Livre;
- Coliformes Totais;
- Coliformes Termotolerantes.

Após a coleta, as amostras foram levadas, imediatamente, ao laboratório para a realização das análises à luz das diretrizes estabelecidas no *Standard methods for the examination of water and waster and wastewater – SMWW* (2005).

As coletas de amostras de água para análise foram realizadas durante cada carreira de filtração. Foram realizadas três carreiras de filtração com as características mostradas no Quadro 7.

**Quadro 7 – Características das carreiras de filtração utilizadas na ETA - Piloto**

<b>Carreira de filtração</b>	<b>Características do leito filtrante</b>
1	Seixo
2	Seixo + manta sintética + areia
3	Seixo + manta sintética + areia + manta sintética + carvão ativado

Fonte: Autor

## 4.2 RESULTADO E DISCUSSÃO

O filtro elaborado para a análise da água foi similar ao filtro proposto por Mieli (2001), composto pelos mesmos materiais diferenciando somente a brita, pois o agregado utilizado no filtro deste trabalho foram os seixos. O sistema utilizado no trabalho funciona com o fluxo de forma descendente, enquanto que o filtro utilizado por Mieli (2001) era de fluxo ascendente. Ademais, ambas as unidades foram operadas por gravidade, com o fluxo de água percorrendo as várias camadas de material filtrante.

A exemplo do que aconteceu com Mieli (2001), o filtro utilizado no trabalho, por algumas vezes ser utilizado como uma unidade fluxo rápido, necessitou de limpeza constante, o que acarretou em manutenção periódica em prazos mais curtos.

Foi desenvolvido um sistema vertical para o tratamento de águas cinza composto por:

- Duas caixas de armazenamento da água bruta, sendo que a caixa receptora da água proveniente da máquina de lavar e do tanque possui uma capacidade de 500 L e a outra que recebe a água através da bomba tem a capacidade de armazenar 250 L.
- Uma caixa d'água onde foi elaborado um sistema de filtragem composto por camada de seixos (pedras), areia especial para filtro e carvão ativado (Figura 3).
- Uma caixa de armazenamento da água filtrada com capacidade de 500L.

**Figura 3 – Filtro composto por seixos, areia e carvão ativado**



**Fonte: Autor**

Por meio de ensaios realizados no laboratório de solos do Uniceub, foram determinadas as granulometrias dos agregados filtrantes sendo eles, areia, seixos e carvão ativado. Como não existem normas para definir granulometria do carvão e dos seixos, os mesmos foram definidos de acordo com as características da areia e da brita respectivamente. A NM 248:2001 Agregados - Determinação da composição granulométrica, foi a norma utilizada para determinar as granulometrias.

O procedimento para a avaliação do processo de tratamento da água cinza oriundas da máquina de lavar roupa e tanque foi a realização de ensaios de tratabilidade da água, por análises físico, químico e microbiológico, por meio da filtração mediante agregados, sendo estes, seixos, areia e carvão. A Figura 4 mostra os seixos, areia e o carvão utilizados no trabalho.

**Figura 4 – Agregados utilizados no filtro (seixos, areia e carvão ativado)**



**Fonte: Autor**

Foram feitos estudos da qualidade da água referentes a cada camada de agregados que compõe o leito filtrante e, ao final de cada carreira de filtração, foi efetuada a desinfecção do efluente final, com o objetivo de inativar os micro-organismos patogênicos que por ventura estivessem presentes.

O processo de desinfecção foi realizado no reservatório da água tratada e efetuado por meio da cloração. O cloro foi escolhido por ser o agente desinfetante de organismos patogênicos mais econômico, além de ter um alto poder oxidante. A desinfecção foi efetuada com o uso do cloro em cápsulas, sendo este ideal para o tratamento de água em reservatórios tal como caixa d'água, e a quantidade necessária de cloro foi dependente do estado da água, entretanto o usual foi uma cápsula para cada carreira de filtração, quando a quantidade de água tratada ficava em torno de 500 L.

Como já destacado anteriormente, as coletas da água para análise laboratorial foram realizadas em dois pontos: coleta de água bruta (água que não passou pelo filtro) e coleta água tratada. Dessa forma, pôde-se avaliar as condições da qualidade da água antes e pós tratamento pelo processo de filtração.

Em todas as carreiras de filtração foram utilizadas duas camadas de seixos (pedras) de diferentes granulometrias. Nirenberg e Reis (2010) ressaltam que a camada de seixos possui a função de formar uma colônia de bactérias para degradação da matéria orgânica presente na água, devido ao seu alto índice de vazios, o que também permite altas taxas de permeabilidade e infiltração.

A primeira camada de seixos possuía de granulometria de 19 mm e foi posta com uma espessura de 7 cm (Figura 5) e, em seguida, foi sobreposta a segunda camada, que apresentava granulometria de 9,5 mm com a espessura de 9 cm como mostra a Figura 6. As espessuras das camadas foram definidas pelos pesquisadores, não permitindo que ultrapassasse o limite do filtro que dispunha de um diâmetro de 73 cm com altura total de 41 cm.

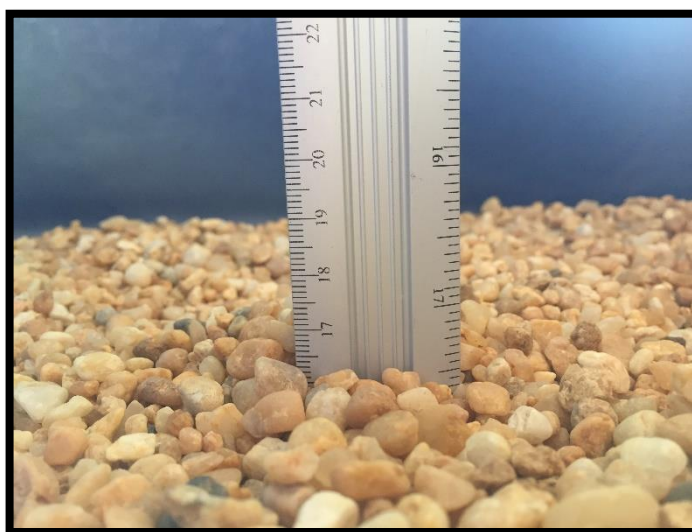


**Figura 5 – Primeira camada de seixos**



Fonte: Autor

**Figura 6 – Segunda camada de seixos**



Fonte: Autor

Com essa configuração, realizou-se a primeira carreira de filtração, cujo resultado da análise das amostras da água bruta e da água tratada encontram-se no Quadro 8.

**Quadros 8 – Primeira carreira de filtração: filtro com seixos**

<b>Parâmetros</b>	<b>Água Bruta</b>	<b>Água tratada</b>
DBO	590,0 mg/L	3,96 mg/L
Cor	2.340 mgPt-Co/L	2.371 mgPt-Co/L
Turbidez	519 UNT	580,00 UNT
pH	7,53	6,69
Cloro Residual Livre	0,06 mg/L	0,52 mg/L
Coliformes Totais	ND	ND
Coliformes Termotolerantes	ND	ND

Legenda:

ND: Não Detectado

UNT: Unidade Nefelométrica de Turbidez

Fonte: Autor

Observando-se os resultados mostrados na Tabela 8, percebe-se que há um aumento no resultado da cor verdadeira e da turbidez na água tratada. Esse aumento foi decorrente dos resíduos que estavam nos seixos e que se desprenderam com a passagem da água, levando, assim, ao aumento desses parâmetros após o tratamento. Em relação aos parâmetros microbiológicos, é possível inferir que os produtos químicos utilizados na máquina de lavar (água bruta) parecem ter sido suficientes para reduzir a quantidade desses organismos ao nível de não serem detectados nas análises laboratoriais realizadas. Logo, no geral, pode-se considerar que a primeira carreira de filtração foi utilizada para calibrar a ETA piloto, determinando-se os parâmetros hidráulicos de funcionamento.

Visto que na primeira carreira de filtração não foram obtidos resultados satisfatórios, pois os parâmetros cor verdadeira, turbidez e cloro residual livre não atingiram os valores esperados para o reuso urbano, houve a necessidade de inserir mais uma camada de meio filtrante, no caso, foi utilizada a areia, conforme pode ser observado na Figura 7. Essa areia é especial para filtros a mesma utilizada em filtros rápidos, possuindo granulometria de 2,4 mm, sendo classificada como areia média. Com essa nova configuração do filtro (duas camadas de seixos e areia), esperou-se conseguir uma maior redução da turbidez e, conseqüentemente, da cor verdadeira.

**Figura 7 – Camada de areia inserida no filtro**



Fonte: Autor

Foi adicionado também uma manta geotêxtil antes de acomodar a camada de areia para auxiliar na retenção das partículas. A camada de areia tinha uma espessura de 5 cm. Assim, repetiu-se o mesmo procedimento operacional adotado na primeira carreira de filtração, ou seja, com coleta da água bruta e de água tratada. O resultado da análise dessas amostras é mostrado no Quadro 9.

**Quadro 9 – Segunda carreira de filtração: filtro com seixos, manta sintética e areia**

<b>Parâmetros</b>	<b>Água Bruta</b>	<b>Água tratada</b>
Cor	2.340 mgPt-Co/L	2.084 mgPt-Co/L
Turbidez	519 UNT	430 UNT
pH	7,53	6,94
Cloro Residual Livre	0,06 mg/L	0,21 mg/L
Coliformes Totais	ND	ND
Coliformes Termotolerantes	ND	ND

Legenda:

ND: Não Detectado

UNT: Unidade Nefelométrica de Turbidez

Fonte: Autor

Observando-se o Quadro 9, nota-se, no que se refere à água tratada, que houve uma redução da cor e da turbidez da ordem de 11% e de 17%, respectivamente. Com o leito filtrante composto de seixos, manta e areia, esperava-se que a redução desses parâmetros fosse maior, particularmente no que tange à turbidez; entretanto,

o resultado encontrado pode ter sido reflexo de ajustes hidráulicos incompletos na ETA - piloto, como por exemplo, a taxa de velocidade aplicada.

A taxa da velocidade da água que entra no filtro foi controlada manualmente por meio de registro de gaveta que foi instalado na saída do reservatório 2 de água bruta, este, foi aberto de modo que a filtração fosse lenta, proporcionando vazão correspondente a 0,0133 l/s e uma perda de carga de  $1,4 \times 10^{-2}$  m. O registro é completamente aberto apenas para realizar a limpeza da ETA-piloto, e ainda sim deve ser controlado pois o período em que fica aberto, sobrecarrega o filtro decorrente da vazão ser de 0,279 l/s com uma perda de carga de  $4,23 \times 10^{-2}$  m. A taxa de filtração após a passagem da água pelo filtro com a abertura representativa para que a filtração seja lenta equivale a uma vazão de 0,012 l/s e uma perda de carga de  $9,08 \times 10^{-6}$  m, e com o registro completamente aberto a vazão de filtração é de 0,151 l/s com uma perda de carga de  $9,17 \times 10^{-4}$  m.

Para garantir que houvesse uma redução mais satisfatória dos parâmetros analisados, decidiu-se, na terceira carreira de filtração, adicionar uma camada de carvão ativado granular ao leito filtrante (Figura 8). O carvão ativado é geralmente utilizado para retirar da água impurezas dissolvidas que, mesmo em pequenas proporções, podem causar odor, gosto e coloração. Outra função para o carvão ativado é retirar os compostos fenólicos que podem implicar na qualidade final do fluído.

**Figura 8 – Camada de carvão ativado**



Fonte: Autor

Por meio de ensaios, o carvão ativado utilizado no trabalho possuía granulometria de 2,4 mm e, inicialmente, foi adicionado ao filtro com uma camada de 7 cm de espessura, porém, com essa espessura de camada, o ganho de carga no filtro foi elevada, o que levaria o mesmo a extravasar em curto período de tempo. Assim, retirou-se toda a camada e foi posta uma nova camada de carvão, reduzida para 4 cm. Cabe destacar que, entre a camada de areia e a camada de carvão ativado, foi adicionado também uma nova manta sintética para auxiliar na remoção de partículas e separar as camadas, a fim de facilitar o procedimento de limpeza do leito filtrante após algumas carreiras de filtração.

Durante a realização da terceira carreira de filtração, percebeu-se que inicialmente a velocidade de filtração estava elevada, causando maior acúmulo de sólidos suspensos sobre o leito filtrante, porém após a passagem de uma menor quantidade de água, com a velocidade de filtração foi normalizada observou-se uma melhor qualidade da água. O Quadro 10 mostra os resultados dos parâmetros analisados nessa etapa do trabalho.

**Quadro 10 – Terceira carreira de filtração: filtro com seixos, manta sintética, areia, manta sintética e carvão ativado.**

Parâmetros	Água Bruta	Água tratada
DBO	595,08 mg/L	327,18 mg/L
Cor	886 Pt/Co(mgPt/L)	712 Pt/Co(mgPt/L)
Turbidez	505 UNT	393 UNT
pH	7,60	6,99
Cloro Residual Livre	0,96 mg/L	1,15 mg/L
Coliformes Totais	Presença em 100 mL	Presença em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	Presença em 100 mL	Presença em 100 mL

Legenda:

UNT: Unidade Nefelométrica de Turbidez

**Fonte: Autor**

Pelo Quadro 10 pode ser observado que o valor da DBO na água tratada está muito acima do esperado, indicando um efluente correspondente a esgoto doméstico bruto. Esse resultado indica que, provavelmente, houve um erro na determinação do

parâmetro, pois conforme pode ser observado na Tabela 8, o sistema de tratamento tinha se revelado com boa remoção de DBO, alcançando uma eficiência de 99%.

Para a cor, pode-se considerar que o sistema de tratamento proposto em nenhum momento conseguiu reduzir eficientemente o valor desse parâmetro para a indicação recomendada na Resolução CONAMA Nº 357/2005, que é abaixo de 75 mgPt/L para águas destinadas ao reuso. O resultado mostrado nas Tabelas 8 e 9, mesmo que elevados, vai ao encontro do que é relatado pela literatura técnica para o parâmetro cor, quando se utiliza apenas unidades de filtração (areia e seixos), haja vista que esse tipo de tratamento não remove eficientemente afluentes com quantidade elevada de cor (DI BERNARDO, 2011). Entretanto, ao adicionar uma camada de carvão ativado durante a realização da terceira carreira de filtração, esperava-se uma redução acentuada desse parâmetro, o que não aconteceu. Tangerino et al. (2006) relatam que o carvão é eficiente na remoção de substâncias que conferem cor à água. Logo, a exemplo do que ocorreu com o parâmetro DBO, pode ter havido falha na determinação desse parâmetro.

Em relação à turbidez, houve uma redução de 22% desse parâmetro, quando adicionada a camada de carvão. Esse resultado é superior aos valores conseguidos na primeira e na segunda carreira de filtração. Contudo, em nenhuma carreira a turbidez ficou abaixo de 100 UNT, como recomendado pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 para água de reuso.

A possibilidade de que os valores mostrados pela Tabela 10 estão comprometidos foi corroborado pelos resultados de coliformes totais e termotolerantes, que indicaram a presença de ambos no efluente tratado. Isso é bastante controverso, pois o resultado de cloro residual livre foi de 1,15 mg/L, então, como pode ser isso possível? Pois não há relatos na literatura técnica de que os coliformes possam ser tão resistentes à presença de uma concentração elevada de cloro livre (575% acima do valor mínimo recomendado pela Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017, para deixar uma rede de distribuição de água livre coliformes, que é de 0,2 mg/L de cloro residual livre).

## 5 CONCLUSÃO

O reuso de águas cinzas diminui o consumo de água potável para fins menos nobres e contribui para a sustentabilidade hídrica das cidades, minimizando a quantidade de poluentes lançados nos corpos hídricos. Para o reuso destas águas é necessário efetuar um tratamento e adequá-las aos padrões de qualidade compatíveis aos usos para os quais estas águas se destinarão, visando a maior aceitabilidade dos usuários, a viabilidade técnica de implantação e, o mais importante, os riscos à saúde pública.

Para o trabalho proposto, as variáveis de qualidade da água de reuso foram estabelecidas a partir da característica da água cinza proveniente da máquina de lavar roupas e de um tanque localizado na área de serviço de uma residência constituída por 4 pessoas.

O sistema de tratamento de água cinza clara, desenvolvido em escala piloto, contribuiu de forma positiva para o recebimento e armazenamento da água filtrada de dois efluentes domésticos, a máquina de lavar roupa e o tanque da área de serviço. Nesse sistema, quando em pleno funcionamento, a água cinza passava por um filtro com três camadas de agregados (seixos, areia e carvão ativado) e, ao final, o efluente foi utilizado na residência para fins não potáveis, como por exemplo, a lavagem de piso.

Foram realizadas três análises da água de reuso, correspondente a cada carreira de filtração. Nas duas primeiras análises não foram detectados resultados microbiológicos, porém na última carreira, com o filtro completo (três camadas filtrantes), detectou-se a presença de coliformes totais e termotolerantes. O laboratório responsável pelas análises indicou apenas se houve ausência ou presença dos mesmos, não quantificando a amostra. O resultado positivo da presença de coliformes na amostra de água de reuso tratada, durante a terceira carreira de filtração, foi acompanhada da presença de um residual de cloro livre de 1,15 mg/L, o que indica falha desse resultado, uma vez que não há relato na literatura técnica que bactérias do grupo coliformes consigam resistir à quantidade de cloro registrada pelo

laboratório. Diante disso, a realização das análises por um terceiro, constituiu uma limitação significativa do trabalho.

Contudo, considerando válidos os resultados encontrados em todas as carreiras de filtração, o efluente da água reuso produzida pode ser utilizada conforme a classe 4 da Resolução CONAMA Nº 357/2005, a qual determina a utilização dessa classe apenas para a navegação e harmonia paisagística.

Os resultados qualitativos apresentados pela ETA-Piloto, utilizando o sistema de filtração, não foram satisfatórios para reuso em residências, visto que os parâmetros deveriam estar apropriados para as classes 1, 2 e 3 da Resolução CONAMA Nº 357/2005. Entretanto, os resultados não são definitivos, havendo necessidade de se repetir as carreiras de filtração para fins de confirmação dos valores encontrados, pois a possibilidade de preservar um recurso que tende a ser cada vez mais precioso exige trabalho, vigilância e seriedade. Assim, quando da repetição da pesquisa, recomenda-se que as análises sejam realizadas pelos próprios pesquisadores, a fim de se evitar a interferência de terceiros.



## 6 RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista que no Brasil o reuso é uma prática recente e em crescimento, recomenda-se que:

- Repetir as análises realizadas neste trabalho utilizando equipamentos próprios ou um laboratório de qualidade da água de referência.
- Testar outras granulometrias para o sistema de filtração.
- Pesquisar alternativas de projeto que tornem o sistema de tratamento mais compacto, de modo que seja utilizado em casas e apartamentos.

## REFERÊNCIAS

- ABQ Associação Brasileira de Química. A crise hídrica e a disponibilidade de água para as necessidades humanas. Porto Alegre – RS, edição eletrônica, 2015. Disponível em <<http://www.abq.org.br/rqi/Edicao-746.html>> Acesso em 13 abr. 2018.
- ALLEN, Lucy; CHRISTIAN-SMITH, Juliet; PALANIAPPAN, Meena. Overview of Greywater Reuse: The Potential of Greywater Systems to Aid Sustainable Water Management. Califórnia, 2010.
- ALMEIDA, Rodrigo G. Aspectos legais para a água de reuso. Rio de Janeiro: Essentia Editora, 2011.
- ANA - Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil. Brasília: ANA, 2009.
- BLUM, Julius. R. C. Crêterios e padrões de qualidade da água. Barueri: Manole, 2003.
- CUNHA, Hemerson J. Aproveitamento de Água de Chuva. 2010. TCC - Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.
- CUNHA, Vanessa D. Estudo Para Proposta de Critério de Qualidade da Água Para Reuso Urbano. 2008. Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica da Universidade São Paulo, São Paulo, 2008.
- DI BERNARDO, Luiz et al. Tratabilidade de Água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de Água. São Paulo: LDiBe, 2011.
- EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Manual guidelines for water reuse. Disponível em <[www.epa.gov](http://www.epa.gov)> acesso em: 10 abr. 2018.
- ESCALERA, Oscar A. N. Reuso direto das águas reiduírias municipais tratadas: Uma forma de conservação de água e disposição final. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil da Universidade estadual de Campinas para obtenção do título de mestre em Engenharia Civil. Campinas, 1995.
- FERNANDES, Vera M. C. Padrões para Reuso de águas Residuárias em Ambientes Urbanos. Passo Fundo, 2006.
- FUNASA. Manual de Saneamento. Brasília: FUNASA, 2004.
- GIACCHINI, Margolaine. Uso e reuso da Água. Paraná, 2010. Disponível em <<http://venus.maringa.pr.gov.br/residuos/arquivo.php?id=96>>. Acesso em: 13 abr. 2018
- GIDEON P. Winward., et al. A study of the microbial quality of grey water and an evaluation of treatment technologies for reuse. Ecological Engineering, n. 32, p. 187-197. Fev, 2008.

GONÇALVES, Ricardo F. Uso Racional da Água em Edificações. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em <[https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/...de.../Uso\\_agua\\_-\\_final.pdf](https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/...de.../Uso_agua_-_final.pdf)>. Acesso em 24 abr. 2018.

GREYWATER REUSE IN SEWERED SINGLE DOMESTIC PREMISES, maio 2000. Disponível em <[http://www.water.nsw.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/557324/recycling\\_grey\\_nsw\\_guidelines\\_for\\_greywater\\_reuse\\_in\\_sewered\\_single\\_household\\_residential\\_premises.pdf](http://www.water.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0008/557324/recycling_grey_nsw_guidelines_for_greywater_reuse_in_sewered_single_household_residential_premises.pdf)> Acesso em : 13 abr. 2018.

HESPANHOL, Ivanildo. Água e Saneamento básico – Uma Visão Realista. Águas Doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. Editora Escrituras, 1999.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reuso de água no brasil -agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. São Paulo, 2001.

JEFFERSON, Bruce et al. Technologies for domestic wastewater recycling: Urban Water. Reino Unido,2000. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/222684646\\_Technologies\\_for\\_Domestic\\_Wastewater\\_Recycling](https://www.researchgate.net/publication/222684646_Technologies_for_Domestic_Wastewater_Recycling)>. Acesso em 13 abr. 2018.

LAVRADOR, José. F. Contribuição para o entendimento do reúso planejado de água e algumas considerações sobre a suas possibilidades no Brasil. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1987.

MANUAL FIESP. Conservação e Reuso da Água em Edificações. São Paulo: FIESP, 2005).

MAY, Simone. Tratamento de águas cinzas claras para reuso não potável em edificações. Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia. São Paulo, 2004.

MAY, Simone; HESPANHOL, Ivanildo. Tratamento de águas cinzas claras para reuso não potável em edificações. 2008. Disponível em <<http://docplayer.com.br/1011551-Tratamento-de-aguas-cinzas-claras-para-reuso-nao-potavel-em-edificacoes.html>> Acesso em: 09 maio 2018.

MIELI, João. Reuso de água domiciliar. Dissertação (mestrado) - Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2001.

MIERZWA, José. O uso racional e o reuso como ferramenta para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria estudo de caso da Kodak Brasileira. Tese (doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

NIRENBERG, Larissa P.; REIS, Ricardo P. A. Avaliação do Desempenho de Sistema de Reúso de Água de Uma Edificação Unifamiliar Em Goiânia-Go. Goiânia, 2010. Disponível em <<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/download/8862/6206>>. Acesso em: 04 maio 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NM 248 Agregados - Determinação da composição granulométrica foi a norma utilizada para determinar as granulometrias. Rio de Janeiro, 2001.

OLIVEIRA, Naiane M.; SILVA, Marcos P.; CARNEIRO, Vandervilson . Reuso da água: um novo paradigma de sustentabilidade. Revista UEG, p 12. Goiania , 2013.

OTTOSON, Jakob.; STENSTR, Thor. A. Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. Water Research Elsevier Science Ltd. p. 645–655. 2002. Solna, 2002.

PIDOU, Mark et al. Greywater recycling: treatment options and applications. 2007. Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Queensland, 2007.

RABÊLO, Marcelle M. P. S. Caracterização de Águas Cinzas e Negras de Origem Residencial e Análise da Eficiência de Reator Anaeróbio com Chicanas. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento – PPGRHS da Universidade Federal de Alagoas. MACEIÓ, 2011.

RAMPELOTTO, Geraldo. Caracterização e Tratamento de Águas Cinzas Visando Reuso Doméstico. 2014. Dissertação (mestrado) - Pós-Graduação em Engenharia Civil. Santa Maria, 2014.

RAPOPORT, Beatriz. Águas Cinzas: Caracterização, Avaliação Financeira e Tratamento Para Reuso Domiciliar e Condominial. TCC - Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 2004.

CONAMA Nº 357/2005 - Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> . Acesso em: 13 maio 2018.

REZENDE, Amanda T. Reuso Urbano de Água para Fins Não Potáveis no Brasil. TCC - Universidade Federal de Juiz de Fora. 2016. Juiz de Fora, 2016.

SANTOS, D. C; ZBRACKI , C.. Greywater characterization in residential buildings to assess it's potential use. In: PROCEEDINGS OF THE CIB-W62 SYMPOSIUM. Ankara, Turkey, 2003.

SANTOS, Hiltonn. Critérios de qualidade da água para reuso. Revista DAE- SABESP, 1993. As muitas lutas na baixada Santista, São Paulo, ed nº 174, p. 1- 9, nov/dez 1993.

SCHULZ Clair T. *et al.* Reaproveitamento d'água da Estação de Tratamento de Efluentes. 2014. Empresa Intelbras – São José, Santa Catarina. Disponível em <[http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/1686](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/1686)> . Acesso em 14 maio 2018.

SELLA, Marcelino B. Reuso de Águas Cinzas: Avaliação da Viabilidade da Implantação do Sistema Em Residências. 2011. TCC - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SERPA, Thiago. Tratamento e Tratamento e Reuso da Água Cinza. Disponível em <<https://liter.com.br/tratamento-e-reuso-de-agua-cinza/>> acesso em 13/03/2018.

TANGERINO, E.P et al. Remoção de cor em colunas de carvão ativado granular como polimento de efluente de instalação filme, em função da taxa de aplicação. Montevideo, 2006.

TELLES, Dirceu D.; COSTA, Regina. REUSO DA AGUA Conceitos, teorias e práticas. 2 ed. São Paulo: Blucher. 408p., 2010.

TESSELE, Fabiana S. Tratamento de Efluente de Reator Anaeróbio de Mando de Lodos de Fluxo Ascendente (UASB) Por Flotação Não Convencional e Desinfecção Ultravioleta. 2011. Tese (doutorado) - Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, 2011.

WESTERHOFF, Garrett. P. Un update of research needs for water reuse. 1984. In: BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P.C.S. Capítulo 2 – Conceito de reúso de água. In: REÚSO DE ÁGUA. Barueri, 2003.

WUCB. A water conservation guide for commercial, institutional and industrial users. Ed. Water Use and Conservation Bureau, New Mexico, 1999.