



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII – PROFA. MARIA JOSÉ DA PENHA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

LUCAS DINIZ MAIA

**PROPOSTA DE FILTRO LENTO PARA TRATAMENTO DOMÉSTICO DAS
ÁGUAS CINZAS**

ARARUNA

2017

LUCAS DINIZ MAIA

**PROPOSTA DE FILTRO LENTO PARA O TRATAMENTO DOMÉSTICO DAS
ÁGUAS CINZAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Bacharelado em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento.

Orientador: Prof. Me. Igor Souza Ogata.

ARARUNA

2017

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do Trabalho de Conclusão de Curso.

M217p Maia, Lucas Diniz.
Proposta de filtro lento para tratamento doméstico das águas cinzas [manuscrito] / Lucas Diniz Maia. - 2017
41 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2017.

"Orientação : Prof. Me. Igor Souza Ogata, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Tratamento hídrico. 2. Sustentabilidade hídrica. 3. Água residual.

21. ed. CDD 628.162

LUCAS DINIZ MAIA

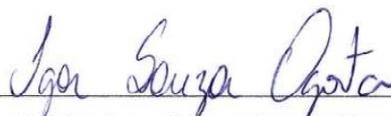
PROPOSTA DE FILTRO LENTO PARA O TRATAMENTO DOMÉSTICO DAS ÁGUAS
CINZAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Bacharelado em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

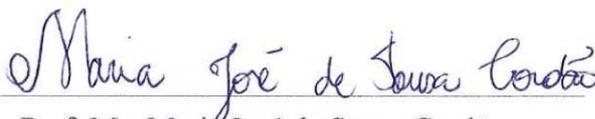
Área de concentração: Saneamento.

Aprovada em: 22/11/2017.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Igor Souza Ogata (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Ma. Maria José de Sousa Cordão
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Israel Buriti Galvão
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Aos meu pais, família e amigos pela dedicação,
companheirismo, amizade e insistência, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Gilmar e à minha mãe Celeuda que sempre me apoiaram em tudo pra eu chegar onde estou, nunca deixando me faltar nada e me incentivando a sempre seguir em frente com humildade e disciplina, obrigado por tudo, vocês são o maior exemplo pra mim.

À minha família, em especial meu tio Adriano e meu irmão Henrique, que sempre foram importantes e presentes em toda minha trajetória.

À minha companheira Samara que me compreendeu nos momentos difíceis e me ajudou muito no final da minha caminhada universitária.

Aos professores do Curso de Engenharia Civil da UEPB que contribuíram ao longo desses cinco anos com seus ensinamentos pra me tornar capacitado de estar aqui: Israel, Valdecir, Jamilton, Cláudio, Maria Cordão, Maria das Vitórias, Leidmar, Marinaldo e em especial ao meu orientador Igor Ogata por toda paciência e companheirismo.

Aos meus colegas de sala/irmãos Igor Martins, Lucas Diego, Jeová, Hallef, Terceiro Neto e Wagner, por todos os momentos que passaram comigo, de amizade, apoio, companheirismo, tristeza, alegria, raiva, felicidade, enfim, obrigado por tudo, sem vocês eu não estaria aqui, vocês serão inesquecíveis na minha vida.

Ao meu grande amigo/irmão Daniel Berg que me ensinou muita coisa na vida, me acolheu como um irmão e se tornou pra mim o irmão mais velho que eu não tive, obrigado por tudo, não tenho palavras pra agradecer o que você fez por mim.

Aos amigos que conviveram comigo todo esse tempo: Wanderson, Gabriel Meireles, Romel, Vinycius Silva, Claudinha, Jardelly, André, Aramys, Thalita Nancy, Debora, Martiniano e Dona Lu em especial que cuidou de mim como um filho, obrigado por tudo.

Às amizades feitas dentro e fora da universidade e a todos que contribuíram de forma direta e indireta para minha formação, meu muito obrigado.

“Seja a mudança que você quer ver no mundo”.
Mahatma Gandhi

RESUMO

As águas cinzas são as águas residuárias originadas de lavatórios, chuveiros, banheiras e máquinas de lavar roupas e seu reuso está intrinsicamente ligado as premissas de sustentabilidade hídrica, passando a ser uma alternativa eficiente e inteligente para o gerenciamento dos recursos hídricos, contribuindo para o uso racional e competente da água. Sendo assim, este trabalho propõe um tratamento doméstico das águas cinzas utilizando um sistema de filtração lenta de escoamento descendente composto de algodão, brita, areia e carvão vegetal, visando a minimização dos índices de turbidez para o reuso em descargas de vasos sanitários de acordo com a Classe 3 da NBR 13969/97. Para tal, três filtros com um mesmo modelo foram construídos, operando-os com três taxas de aplicação superficial hidráulica diferentes, sendo de 1000 L/m².dia para o Filtro 1, 2500 L/m².dia para o Filtro 2 e 5000 L/m².dia para o Filtro 3. Colheu-se as amostras das águas cinzas de um apartamento na cidade de Araruna/PB e realizou-se assim a filtragem em cada filtro, controlando sua vazão através de um equipo. Observou-se o tempo de carreira de cada filtro, sendo de 72 horas para o Filtro 1, 21 horas para o Filtro 2, e 2 horas para o Filtro 3. Com amostras das águas filtradas por cada filtro e das águas cinzas, realizou-se o experimento de índice de turbidez, em triplicata. Mostrou-se nos resultados que a turbidez da água cinza diminuiu, já que a mesma apresentava uma média de 134 NTU, e com a filtragem dos Filtros 1, 2 e 3 passou para 13,87 NTU, 28,67 NTU e 71,00 NTU respectivamente, chegando-se assim a conclusão que o Filtro 1 é o mais eficiente no processo de filtração, pois apresentou maior redução no índice de turbidez e maior tempo de carreira, mostrando desta maneira que o filtro desenvolvido opera de melhor forma quando é introduzida uma taxa de aplicação superficial menor. Assim, devido a maior praticidade para o usuário, pois rende o período de uma semana com necessidade de apenas duas limpezas, o Filtro 1 se torna mais favorável para ser proposto em residências, fábricas, escolas, entre outros.

Palavras-chave: Águas cinzas. Reuso. Filtração lenta.

ABSTRACT

The gray water is the wastewater originated from lavatories, showers, baths and washing machines and its reuse is intrinsically linked to the premises of water sustainability, becoming an efficient and intelligent alternative for the management of water resources, contributing to the use rational and competent use of water. Thus, this work proposes a domestic treatment of gray water using a slow downflow filtration system composed of cotton, gravel, sand and charcoal, aiming at the minimization of turbidity rates for reuse in sanitary vessels discharges according to Class 3 of NBR 13969/97. To do this, three filters with the same model were constructed, operating with three different hydraulic surface application rates, being 1000 L/m².day for Filter 1, 2500 L/m².day for Filter 2 and 5000 L/m².day for Filter 3. The ash samples were collected from an apartment in the city of Araruna/PB and the filtration was carried out in each filter, controlling its flow through a device. It was observed the career time of each filter, being 72 hours for Filter 1, 21 hours for Filter 2, and 2 hours for Filter 3. With samples of the waters filtered by each filter and the gray waters, the turbidity index experiment was used in triplicate. It was shown that gray water turbidity decreased, since it had an average of 134 NTU, and Filters 1, 2 and 3 filtered to 13.87 NTU, 28.67 NTU and 71.00 NTU respectively, thus concluding that Filter 1 is the most efficient in the filtration process, since it presented a greater reduction in the turbidity index and a longer career time, thus showing that the developed filter operates better when it is introduced a lower surface application rate. Thus, due to the greater practicality of the user, since it yields a period of one week with only two cleaning needs, Filter 1 becomes more favorable to be proposed in residences, factories, schools, among others.

Keywords: Gray waters. Reuse. Slow filtration.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema de um sistema de gerenciamento de águas numa edificação	13
Figura 2 - Esquema do reuso de sistemas de águas cinzas em residências	14
Figura 3 - Esquema do reuso de águas cinzas em edificações	22
Figura 4 - Fluxograma das atividades	27
Figura 5 - Materiais para a construção do filtro	28
Figura 6 - Camadas do meio filtrante	29
Figura 7 - Amostra dos materiais do meio filtrante.....	30
Figura 8 - Materiais acoplados ao filtro	31
Figura 9 - Concepção final do filtro utilizado	31
Figura 10 - Procedimento experimental	33
Figura 11 - Aspectos organolépticos	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físicas das águas cinzas para o Brasil	19
Tabela 2 - Características químicas das águas cinzas para o Brasil	20
Tabela 3 - Classificação e parâmetros contemplados para reuso	24
Tabela 4 - Resultados do teste de turbidez	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μS	microSiemens
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BAFs	Filtro Biológico Aerado
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
GAC	Carvão Ativado Granular
LAPECA	Laboratório de Pesquisa e Ciência Ambiental
NBR	Norma Brasileira
NMP	Número Mais Provável
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez
O&G	Óleos e Graxas
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
PVC	Policloreto de Vinila
SST	Sólidos Suspensos Totais
ST	Sólidos Totais
uC	Unidade de Cor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 Tipologia das águas residuárias	13
2.2 Características qualitativas das águas cinzas	15
2.2.1 Características físicas	15
2.2.2 Características químicas	15
2.2.2.1 Compostos orgânicos.....	16
2.2.2.2 Compostos nitrogenados	16
2.2.2.3 Compostos fosforados	16
2.2.2.4 Outros parâmetros	17
2.2.3 Características microbiológicas	17
2.2.4 Resumo das características qualitativas das águas cinzas.....	18
2.3 Sistema de reuso das águas cinzas	21
2.4 Tratamento da água cinza	22
2.4.1 Métodos de tratamento	25
2.4.1.1 Métodos simples de tratamento	25
2.4.1.2 Métodos químicos de tratamento.....	25
2.4.1.3 Métodos físicos de tratamento.....	25
2.4.1.4 Métodos biológicos de tratamento.....	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1 Sistema experimental para coleta de águas cinzas.....	27
3.2 Construção do filtro lento	27
3.3 Procedimentos experimentais	32
4 RESULTADOS	34

5 DISCUSSÃO	35
6 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O expressivo aumento populacional combinado com a industrialização vêm contribuindo consideravelmente para o crescimento na demanda dos recursos hídricos, acarretando problemas no abastecimento de água para a população. Com isso, faz-se necessário o uso racional e inteligente da água, incentivando o desenvolvimento de sistemas sustentáveis como forma de prevenção contra a escassez, sendo nesse contexto que o reuso das águas cinzas desperta maior interesse, pelo fato de diminuir a quantidade de água tratada usada para atividades extracurriculares, como lavagens de pisos por exemplo e assim atender a demanda de água de forma mais eficiente.

Segundo Jefferson *et al* (1999) as águas cinzas são geralmente compostas de sabão ou de outros produtos usados para lavagem corporal, de roupas e limpeza em geral. O reuso das águas cinzas condiz com o tipo de reuso para fins não potáveis, destacando os reusos agrícola e doméstico; este último, sendo caracterizado pela rega de jardins residenciais, lavagem de veículos, descarga em vasos sanitários, limpeza de áreas impermeáveis, entre outros.

Dito isso, foi pretendido neste trabalho propor um tratamento doméstico das águas cinzas, utilizando um sistema de filtração lento de escoamento descendente composto de algodão, brita, areia e carvão vegetal, visando a minimização dos índices de turbidez com a finalidade do reuso em descargas de vasos sanitários de acordo com a Classe 3 da NBR 13969/97, que propõe opções para tratamento e disposição dos efluentes dos tanques sépticos, incluindo alternativas de adequação da qualidade do efluente para diversas situações de reuso, a fim de atender a demanda de água para tais finalidades e buscar a sustentabilidade hídrica pelo seu uso racional e eficiente.

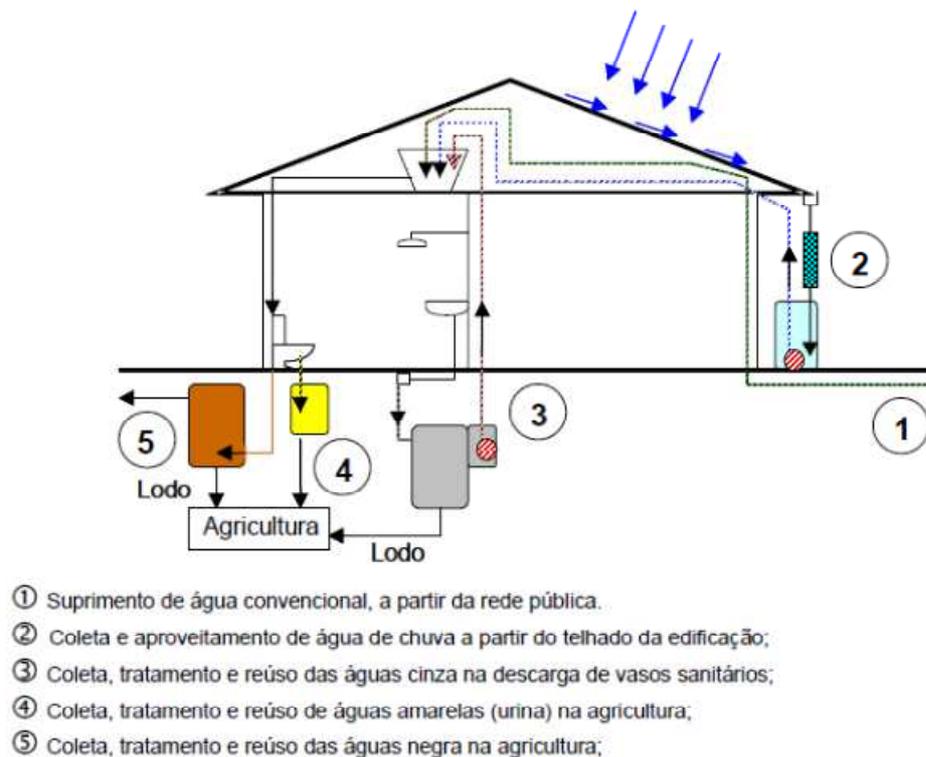
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 TIPOLOGIA DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

A engenharia sanitária preocupa-se em realizar a separação dos efluentes gerados em uma residência, com a finalidade de melhorar sua gestão. Essa separação, quando possível, é realizada com base em suas características, tornando possível o reuso dos efluentes e/ou o melhoramento suas condições sanitárias para lançamento no ambiente.

A Figura 1 apresenta um modelo de gerenciamento das águas em escala residencial, com linhas de suprimento de águas e de produção de águas residuárias, diferenciadas conceitualmente pelas cores dessas águas (GONÇALVES, 2004).

Figura 1 - Esquema de um sistema de gerenciamento de águas numa edificação



Fonte: Gonçalves (2004).

Com base em Otterpohl (2001), o esgoto sanitário gerado nas residências pode ser segregado da seguinte forma:

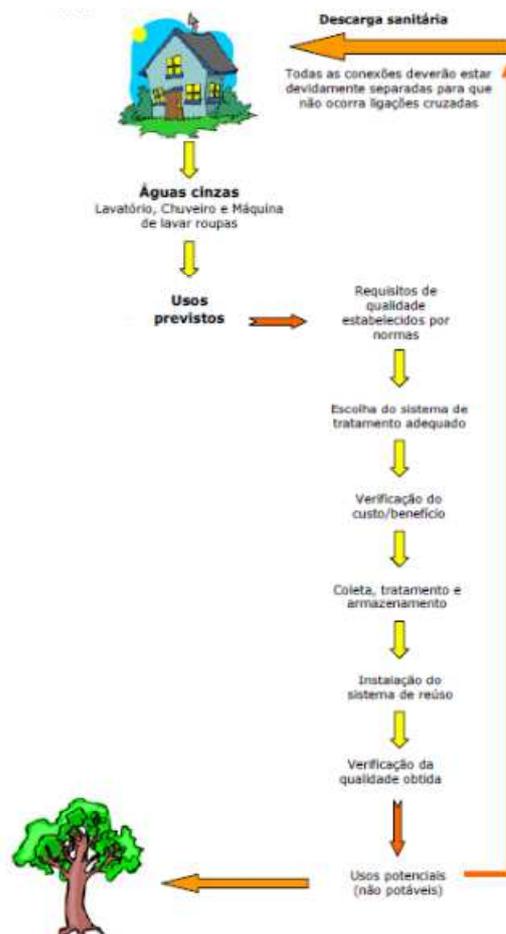
- **Água negra (*blackwater*):** efluente proveniente dos vasos sanitários, incluindo fezes, urina e papel higiênico, principalmente;

- **Água cinza (*greywater*):** águas servidas, excluindo o efluente dos vasos sanitários;
- **Água amarela:** representando somente a urina.
- **Água marrom:** representando somente as fezes.

Jefferson *et al* (1999); Eriksson *et al* (2002) e Ottoson & Stenstrom (2003) definem águas cinzas como águas servidas residenciais originadas de lavatórios, chuveiros, banheiras, máquinas e tanques de lavar roupas.

De acordo com May (2009), o reuso das águas cinzas está ligado, diretamente, a fatores como a qualidade do efluente, o tratamento aplicado ao mesmo, a qualidade e principalmente ao destino final que será dado a água. Na Figura 2 é apresentado um esquema do reuso de sistemas de águas cinzas em residências.

Figura 2 - Esquema do reuso de sistemas de águas cinzas em residências



Fonte: South East Water (2017).

2.2 CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DAS ÁGUAS CINZAS

As águas cinzas são geralmente originadas pelo uso de água e produtos de limpeza para higiene pessoal, lavagem de roupas ou limpeza geral (JEFFERSON *et al.*, 1999). Elas variam em qualidade de acordo com a localidade e nível de ocupação da residência, faixa etária, estilo de vida, classe social e costumes dos moradores (NSW HEALTH, 2000) e com o tipo de fonte de água cinza que está sendo utilizado, como lavatório, chuveiro, máquina de lavar e outros com funções semelhantes. (NOLDE, 1999).

2.2.1 Características físicas

Os parâmetros físicos mais relevantes nas águas cinzas são: Temperatura, cor, turbidez e o conteúdo de sólidos suspensos. Christova-Boal *et al.* (1996) relata que a temperatura das águas cinzas pode variar dentro do intervalo de 18-38°C, sendo que a temperatura elevada se dá por conta da utilização de água quente para higiene pessoal. Altas temperaturas são indesejáveis devido favorecer o crescimento de microrganismos; já baixas temperaturas influenciam na ineficiência da atividade biológica.

De acordo com May (2009), turbidez e sólidos suspensos indicam o conteúdo de partículas e coloides que podem levar a obstrução dos sistemas de coleta, tratamento e distribuição das águas cinzas. Segundo Christova-Boal *et al.* (1996), valores mais altos de turbidez são provenientes de famílias com atividades físicas intensas ao ar livre, como práticas de musculação e esportes. Bazzarella (2005) relata que a turbidez e os sólidos em suspensão conferem um aspecto desagradável às águas cinzas. Os princípios físicos de turbidez e sólidos de suspensão podem prejudicar a desinfecção das águas cinzas quando seus valores forem elevados, pois servirão de escudo para os microrganismos, impedindo a eliminação dos mesmos.

2.2.2 Características químicas

As características químicas são divididas de acordo com o tipo de composto presente, como compostos orgânicos, compostos nitrogenados, compostos fosforados e outros parâmetros como: pH, oxigênio dissolvido (OD), alcalinidade, condutividade, cloreto, dureza e óleos e graxas.

2.2.2.1 Compostos orgânicos

A quantidade de matéria orgânica presente na água cinza é bastante significativa, mesmo não havendo contribuição dos vasos sanitários. A maior parte da matéria orgânica é oriunda de resíduos corporais, cabelo, sabão, óleos e graxas, entre outros (MAY, 2009).

Segundo Rapoport (2004), a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) 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. Já a demanda química de oxigênio (DQO) é o parâmetro utilizado para medir tanto a matéria orgânica biodegradável como a não biodegradável, como exemplos papel e garrafas de vidro, respectivamente.

Ambas indicam o risco de depleção de oxigênio devido à degradação da matéria orgânica durante o transporte e estocagem e o risco de produção de sulfeto (BAZZARELLA, 2005). Espera-se, então, que os níveis de DQO sejam próximos aos encontrados para o esgoto doméstico convencional, enquanto que para as concentrações de DBO esperam-se valores mais baixos (ERIKSSON *et al.*, 2002).

2.2.2.2 Compostos nitrogenados

A fonte principal de nitrogênio no esgoto doméstico é a urina. No entanto, nas águas cinzas essa concentração é bem mais baixa se comparado ao esgoto doméstico, sendo que a maior contribuição de nitrogênio provém do efluente de pias de cozinha, devido aos restos de alimentos lançados nesse meio. Entretanto, pode ser encontrado no efluente de banheiro proveniente do chuveiro, pois em algumas residências têm-se o costume de urinar durante o banho (ERIKSSON *et al.*, 2002).

2.2.2.3 Compostos fosforados

As principais fontes de fósforo encontradas nas águas cinzas são dos materiais de limpeza e lavagem de roupa. Os detergentes são os maiores colaboradores de fósforo, onde segundo Almeida *et al.* (1999), concentrações de 23 a 80 mg/L de fósforo podem ser encontradas em águas que apresentam detergentes contendo fosfatos, entretanto, em locais onde o uso de detergente com fósforo não é permitido, como na Suécia e Finlândia por exemplo, as concentrações variam de 4 a 14 mg/L.

Almeida *et al.* (1999) ainda verifica que a variação de fósforo total em águas provenientes de máquinas de lavar roupas é de 0,1 a 57 mg/L e para as águas provenientes do chuveiro a variação é de 0,1 a 2,1 mg/L, concluindo-se desta forma que devido apresentar mais componentes de limpeza, como detergentes e sabões com fosfato, as águas da máquina de lavar apresentam mais concentrações de fósforo que as de chuveiro.

2.2.2.4 Outros parâmetros

Segundo May (2009), o pH das águas cinzas depende do ponto de coleta do efluente e também do pH da água de abastecimento. A concentração hidrogeniônica determina a condição de alcalinidade, neutralidade e acidez e interfere na coagulação química, no controle da corrosão e desinfecção (RAPOPORT, 2004). Produtos químicos, como sabão, podem interferir no pH das águas cinzas, deixando-as com pH alcalino.

De acordo com Rapoport (2004), o OD representa a quantidade de oxigênio dissolvido na água e é proveniente do contato da água com a atmosfera e também da produção por organismos fotossintéticos. As quantidades de oxigênio dissolvido em águas cinzas variam nas concentrações de 0 a 5,8 mg/L (ALMEIDA *et al.*, 1999).

Bazzarella (2005) relata que as principais fontes de óleos e graxas nas águas cinzas são os óleos e gorduras utilizados no preparo de alimentos, resíduos presentes no corpo e nas roupas, oriundos da transpiração humana. A carga de óleos e graxas na água cinza é de 61,5% da carga de um esgoto residencial convencional. (GREY&BECKER, 2002).

Alguns autores, como Nolde (1999) e Christova-Boal *et al.* (1996), não consideram como água cinza o efluente oriundo de cozinhas, por considerá-lo altamente poluído, putrescível e com inúmeros compostos indesejáveis, como óleos e gorduras.

2.2.3 Características microbiológicas

Segundo Ottoson & Stenstrom (2003), embora as águas cinzas não possuam contribuição dos vasos sanitários, algumas atividades como limpeza das mãos após o uso do banheiro, lavagem de roupas fecalmente contaminadas ou o próprio banho, são algumas das possíveis fontes desses agentes patogênicos nas águas cinzas.

Ottoson & Stenström (2003), ainda relatam que os riscos à saúde humana dependem do tipo de patógenos, do tratamento aplicado e da exposição. A presença de *Escherichia coli* ou outros organismos entéricos indica a contaminação fecal e a possibilidade de presença de

patógenos intestinais, como Salmonella ou vírus entéricos, na água cinza. Grandes quantidades de coliformes termotolerantes são indesejáveis e implicam em uma maior probabilidade de contágio em humanos durante o contato com a água cinza reutilizada (ROSE *et al.*, 1991).

O tratamento das águas cinzas e principalmente a desinfecção são passos fundamentais para o reuso das mesmas. A desinfecção tem caráter corretivo e preventivo e, se feita de forma correta, têm-se a inativação dos microrganismos patogênicos presentes na água. (MAY, 2009).

2.2.4 Resumo das características qualitativas das águas cinzas

Os aspectos quantitativos, tanto de produção quanto de demanda de água cinza, estão intrinsicamente associados ao consumo de água dentro das residências, que variam principalmente de acordo com a região, com o clima e com os costumes dos habitantes (BAZZARELLA, 2005).

Philippi *et al.* (2005), realizou uma pesquisa numa residência unifamiliar com 5 habitantes em Ratone, bairro de Florianópolis, Santa Catarina, obtendo água do lavatório, chuveiro e tanque de lavar roupas.

Já Fiori, Fernandes e Pizzo (2004), realizaram a caracterização das águas cinzas na cidade de Passo Fundo – RS, colhendo amostras das caixas sifonadas de cada banheiro de apartamentos residenciais diferentes, classificados da seguinte forma: Com crianças, com animais, sem crianças e sem animais. Eles ainda pesquisaram a caracterização das águas cinzas num complexo esportivo universitário também na cidade de Passo Fundo – RS, onde coletaram amostras das caixas sifonadas dos banheiros masculinos e femininos e as analisaram separadamente.

Bazzarella (2005) também caracterizou águas cinzas provenientes de lavatórios, chuveiros, pia de cozinha, tanque e máquina de lavar de um sistema experimental instalado na Universidade Federal do Espírito Santo em Vitória.

Borges (2003) fez a caracterização das águas cinzas de acordo com pesquisas em edifícios multi e unifamiliares em Curitiba – PR, coletando 26 caixas sifonadas dos banheiros dos diferentes edifícios e fazendo suas devidas análises.

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados obtidos na caracterização das águas cinzas para as pesquisas citadas acima.

Tabela 1 - Características físicas das águas cinzas para o Brasil

Referência	Fonte da água cinza	Cidade	Local de coleta	Cor (UC)	Parâmetros físicos			
					Turbidez (UT)	ST (mg/L)	SST (mg/L)	
Borges (2003)	Banheiro	Curitiba/PR	Caixa sifonada	-	2 - 189	-	-	-
	Lavatório			-	158	500	146	
	Chuveiro			-	109	437	103	
Bazartella (2005)	Tanque	Vitória/ES	Estudo experimental - Reservatório(s)	-	299	1862	221	
	Máquina de lavar roupas			-	58	1004	53	
	Pia de cozinha			-	250	2160	336	
	Mistura			-	166	1536	134	
Philippi (2005)	Mistura	Florianópolis/SC	Estudo experimental - Reservatório(s)	379	-	-	-	323
	Apartamento com crianças			-	340	-	-	
	Apartamento com animais			-	373	-	-	
Fiori, Fernandes e Pizzo (2004)	Apartamento sem crianças e sem animais			-	297	-	-	
Fonini, Fernandes e Pizzo (2004)	Banheiro masculino	Passo Fundo/RS	Caixa sifonada	Ausente	0,8	-	-	54
	Banheiro feminino			Ausente	1,3	-	-	87

Fonte: Compilação do próprio autor (2017).

Tabela 2 - Características químicas das águas cinzas para o Brasil

Referência	Fonte da água cinza	Cidade	Local de coleta	Parâmetros químicos						
				pH	OD	Condutividade (µS/cm)	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)	O & G (mg/L)	Cloreto (mg/L)
Borges (2003)	Banheiro	Curitiba/PR	Caixa sifonada	6,7 - 8,5	2,6 - 5,9	-	-	-	-	-
	Lavatório			8,03	6,9	116	88	44,2	81,9	10,1
	Chuveiro			7,34	6,6	124	38,3	30,1	95,2	20
Bazarrella (2005)	Tanque	Vitória/ES	Estudo experimental - Reservatório(s)	8,85	7,1	938	206,9	38,5	140,6	76,3
	Máquina de lavar roupas			9,06	7,1	524	74,2	38,7	24,2	23,6
	Pia de cozinha			5,14	4,2	528	1,9	12,1	176,4	130
	Mistura		Estudo experimental -	7,05	6,5	430	114,7	21,2	101,3	64
Philippi (2005)	Mistura	Florianópolis/SC	Reservatório(s)	7,1	-	-	-	-	-	-
Fiori; Ferrandes e Pizzo (2004)	Apartamento com crianças			7,1	-	126	6,7	5,7	18,2	26,9
	Apartamento com animais	Passo Fundo/RS	Caixa sifonada	6,9	-	106	5	13,6	14,8	14,7
	Apartamento sem crianças e sem animais			7,1	-	222	8,2	10,7	26,7	29,4
Fonini; Ferrandes e Pizzo (2004)	Banheiro masculino	Passo Fundo/RS	Caixa sifonada	8,4	-	-	-	122	-	-
	Banheiro feminino			8,2	-	-	-	130	-	-

Fonte: Compilação do próprio autor (2017).

Como primeira análise, observa-se na Tabela 1 que as pesquisas realizadas no Brasil verificam altas concentrações de turbidez nas águas cinzas, exceto nos resultados encontrados por Fonini, Fernandes e Pizzo (2004); e que a concentração de sólidos dissolvidos totais em efluentes provenientes de pia de cozinha teve valores consideráveis.

De acordo com a Tabela 2, o parâmetro de pH obtido nas pesquisas se apresentou alcalino para efluentes provindos do lavatório, tanque e máquina de lavar; e se aproximou do pH neutro os efluentes provenientes do chuveiro. A concentração de oxigênio dissolvido encontrada por Bazzarella (2005) foi entre 4,2 mg/L e 7,1 mg/L, valores aproximados aos encontrados por Burnat & Mahmoud (2004) que foram entre 5,24 mg/L e 6,5 mg/L.

Com relação a dureza das águas cinzas encontradas nas pesquisas, pode-se considerar que esteve relativamente baixa em todas, o que significa que essas águas cinzas são classificadas como brandas ou moles. As águas com dureza elevada reduzem a formação de espuma, proporcionando maior consumo de sabão e podem causar incrustações em tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores. (VON SPERLING, 2005).

Óleos e graxas apresentaram concentrações elevadas em efluentes provindos do tanque e da pia de cozinha, conforme a Tabela 2. Na pesquisa realizada por Christova-Boal *et al.* (1996) o valor encontrado para o chuveiro variou entre 37 mg/L e 78 mg/L, observa-se que Bazzarella (2005) encontrou um valor médio de 95,2 mg/L, um pouco maior, valor esse atribuído aos resíduos presentes no corpo oriundos e óleos e gorduras utilizados no preparo de alimentos.

2.3 SISTEMA DE REUSO DAS ÁGUAS CINZAS

Segundo Mendonça (2004), para que sistemas de reuso das águas cinzas possam ser projetados e construídos de forma sustentável e eficiente, é preciso conhecer as características do efluente, bem como a aplicação do mesmo, onde armazená-lo, qual tipo de tratamento indicado, entre outros fatores. Com base nisso, May (2009) descreve os componentes que formam o sistema de reuso das águas cinzas, sendo eles:

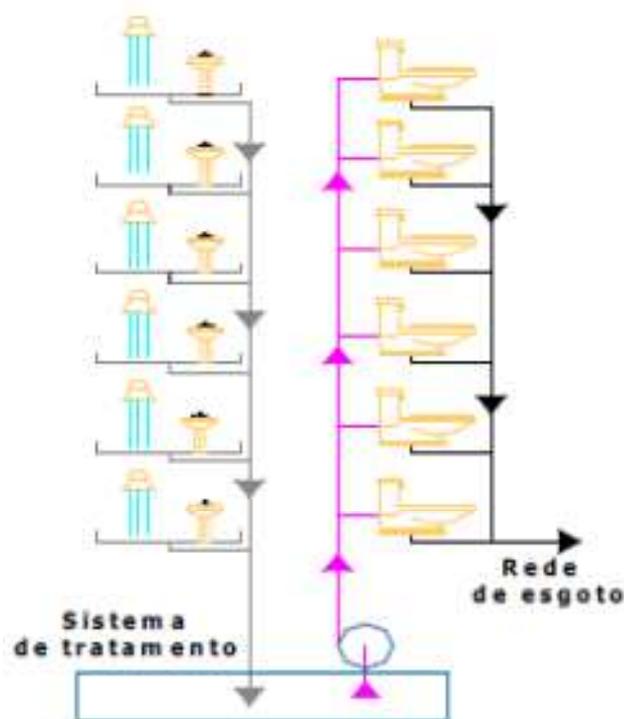
Coletores: Sistema de condutores horizontais e verticais que transportam o efluente proveniente do chuveiro, lavatório e máquina de lavar para o sistema de armazenamento, onde posteriormente será devidamente tratado.

Armazenamento: Sistema composto por reservatório(s) de acumulação com princípio de armazenar as águas cinzas provenientes dos pontos de coleta. Um fator preponderante para se obter sucesso em um sistema de reuso é fazer o balanço entre o volume gerado e a demanda

a ser atendida. Jefferson *et al.* (1999) mostrou que em um dia, o volume gerado de águas cinzas e o volume requerido pelas descargas dos vasos sanitários são bastante próximos. Entretanto, as águas cinzas são produzidas num período curto de tempo, enquanto o uso das mesmas para descarga de vasos sanitários ocorre de maneira distribuída ao longo do dia, proporcionando desta forma um déficit de água durante a madrugada. A utilização de água cinza pode minimizar o problema desse déficit, sendo necessário, porém, uma maior disposição de espaço físico para instalação do sistema de reuso.

Tratamento: O sistema de tratamento das águas cinzas depende da qualidade da água coletada e do seu uso final. Segundo May (2009), a escolha do processo de tratamento a ser utilizado é de fundamental importância para o sucesso do empreendimento, desta forma, a decisão deve ser criteriosa e fundamentada nas características do efluente a ser tratado. Na Figura 3 é possível analisar o sistema de reuso das águas cinzas.

Figura 3 - Esquema do reuso de águas cinzas em edificações



Fonte: Jefferson *et al.* (1999).

2.4 TRATAMENTO DA ÁGUA CINZA

A análise das características do efluente, conjuntamente com os requisitos de qualidade requeridos para a aplicação de reuso desejado, geralmente define o tipo de tratamento a ser

adotado (BAZZARELLA, 2005). Em se tratando de reuso das águas cinzas, devido à grande variabilidade tanto da fonte quanto da própria finalidade a que se destina o efluente tratado, ou o tipo de reuso pretendido, uma grande quantidade de sistemas ou sequências de processos são possíveis de serem concebidos (MANCUSO & SANTOS, 2003).

A NBR 13969 (Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - projeto, construção e operação) válida desde 1997 afirma que:

No caso do esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação dos jardins, lavagem dos pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens etc. (ABNT, 1997, p. 21).

Desta maneira, a norma propõe opções para tratamento e disposição dos efluentes dos tanques sépticos, incluindo alternativas para possibilitar a adequação da qualidade do efluente para as diversas situações de reuso. A Tabela 3 monta uma classificação para o reuso baseado na qualidade requerida, sendo a mesma dividida em quatro classes, e para cada tipo de classe mencionada, definiu-se os parâmetros contemplados para reuso.

Tabela 3 - Classificação e parâmetros contemplados para reuso

		Parâmetros					
	Destinação	pH	Turbidez (NTU)	Sólido Dissolvido Total (SDT) (mg/L)	Cloro Residual (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafariz;	Entre 6 e 8	< 5	< 200	Entre 0,5 e 1,5	< 200	-
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafariz;	-	< 5	-	> 0,5	< 500	-
Classe 3	Reuso nas descargas dos vasos sanitários. Normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessária apenas o tratamento de cloração;	-	< 10	-	-	< 500	-
Classe 4	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou sistema de irrigação pontual.	-	-	-	-	< 5000	> 2

Fonte: ABNT (1997).

Os padrões de qualidade de água para reuso da Tabela 3 servem como diretrizes para escolha e avaliação da eficiência dos diversos métodos de tratamento para reuso das águas cinzas.

2.4.1 Métodos de tratamento

2.4.1.1 Métodos simples de tratamento

Os métodos simples para o tratamento das águas cinzas são usualmente aplicados em duas etapas, sendo a primeira um processo de filtração grosseria ou sedimentação, para remoção dos sólidos de maior tamanho; e a segunda etapa, um processo de desinfecção. As tecnologias simples fornecem um tratamento de águas cinzas com baixa eficiência em termos de remoção de matéria orgânicos e sólidos. Em termos numéricos, estes métodos proporcionam remoções médias de 70, 56 e 49 %, para demanda química de oxigênio (DQO), sólidos suspensos totais (SST) e turbidez (PIDOU *et al.*, 2007).

2.4.1.2 Métodos químicos de tratamento

Métodos químicos são pouco utilizados no tratamento de águas cinzas, de acordo com a revisão feita por Pidou *et al.* (2007). Os tratamentos químicos aplicados ao reuso de águas cinzas de lavanderia consistem principalmente do processo de coagulação com alumínio, aliado a processos de filtração em areia e de sequestro, por carvão ativado granular (GAC).

2.4.1.3 Métodos físicos de tratamento

O tratamento físico consiste basicamente no processo de filtração seguido, às vezes, de uma etapa de desinfecção. Sua diferença em relação aos classificados como métodos simples é o fato do processo de filtração envolver aparatos mais elaborados. Segundo Pidou *et al.* (2007), o tratamento físico pode ser dividido em duas subcategorias, de acordo com o método de filtração empregado, podendo ser filtro de areia e filtro de membrana.

2.4.1.4 Métodos biológicos de tratamento

De acordo com Bazzarella (2005), o tratamento biológico das águas cinzas é requerido para remover o material biodegradável e é indicado especialmente para sistemas de reuso que possuem grandes redes de distribuição. Uma grande variedade de processos biológicos vem sendo utilizada para tratamento de águas cinzas, como o reator de filme fixo, o contator rotativo

biológico, o filtro anaeróbio, o reator de batelada, os biorreatores de membrana e os filtros biológico aerado (BAFs). O processo biológico não é utilizado sozinho, exceto nos casos de estações pilotos em fase de testes. Na maioria dos casos, o tratamento biológico é precedido de um pré-tratamento físico de sedimentação ou gradeamento (PIDOU *et al.*, 2007) e, muito comumente, é ainda combinado com outros métodos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados e descritos os procedimentos envolvidos para análise e tratamento das águas cinzas, seguindo o determinado princípio da Figura 4:

Figura 4 - Fluxograma das atividades



Fonte: Próprio autor (2017).

3.1 SISTEMA EXPERIMENTAL PARA COLETA DE ÁGUAS CINZAS

Para a coleta das águas cinzas foi caracterizado um sistema de fácil acesso à captação e condições favoráveis para instalação. O local escolhido foi um apartamento de 03 pavimentos localizado no município de Araruna/PB, que atendia uma demanda de água para 03 pessoas. O ponto de coleta foi o banheiro social do terceiro pavimento e o sistema experimental constituiu-se de um recipiente pequeno para acumulação de água com capacidade de 20 litros.

A água cinza foi coletada durante os banhos e lavagem de mãos quando feita no chuveiro, sendo a coleta iniciada no dia 10 de setembro de 2017 e finalizada no dia 12 de setembro de 2017, levando um período de 02 dias. O recipiente foi implantado abaixo do chuveiro, onde desta forma toda água que era utilizada para o banho e higiene das mãos escoava pra dentro do dispositivo, permitindo o seu preenchimento de forma rápida e satisfatória. Passados os 02 dias de coleta, a quantidade coletada foi de 18 litros de água cinza.

3.2 CONSTRUÇÃO DO FILTRO LENTO

Utilizou-se um sistema de tratamento através de um filtro lento de escoamento descendente. Para a construção do filtro foi utilizado 50 cm de um cano PVC de 100 mm, uma tampa de PVC de 100 mm, uma bola de isopor de 100 mm com furos, com o intuito de distribuir

uniformemente a água cinza que chegava até o filtro; 5 cm de cano PVC de 25 mm, uma tampa de PVC de 25 mm e uma torneira de bebedouro.

A escolha da utilização desses materiais para a construção do filtro se fez por quatro motivos:

- Rigidez: O tubo de PVC apresenta uma rigidez maior se comparado a outros materiais comumente usados para sistemas de filtragem, como um balde de polipropileno por exemplo;
- Melhor compactação do meio filtrante: Devido apresentar diâmetro pequeno, permite assim uma melhor adaptação dos materiais que vão ser colocados posteriormente;
- Economia: Como se trata de um dispositivo de pequeno porte, gasta-se menos com a quantidade de materiais que se irá comprar;
- Estética: Uma vez que fica bastante agradável quando terminado.

Todos elementos citados acima são apresentados na Figura 5:

Figura 5 - Materiais para a construção do filtro



Fonte: Próprio autor (2017).

Após acoplamento dos materiais na construção do filtro, o passo seguinte foi colocar os componentes para o meio filtrante, que ficou sendo composto por 20g de algodão; 800g de brita

19 bem graduada; 370g de areia fina, com granulometria de 0,05mm a 0,3mm; 370g de areia média, com granulometria de 0,30mm a 1,20mm; 370g de areia grossa, com granulometria de 1,20mm a 4,80mm e 200g de carvão vegetal.

Os respectivos valores dessas medidas foram encontrados através de pesquisas sobre composição de materiais de meio filtrante, testes experimentais e observações da eficiência do filtro de acordo com o acréscimo ou retirada materiais filtrantes ao decorrer da sua construção. Após construído, a camada do meio filtrante teve uma respectiva altura em relação ao filtro, onde o algodão ficou com 3 cm; a brita 19 ficou com 8 cm; as três areias apresentaram 5 cm de altura, visto que foram igualmente espaçadas e por fim o carvão ficou com 6 cm de altura. A Figura 6 apresenta todos os materiais e suas respectivas alturas.

Figura 6 - Camadas do meio filtrante



Fonte: Próprio autor (2017).

A escolha da utilização desses materiais para a construção do meio filtrante foi feita considerando-se a facilidade e a praticidade, pois todos os materiais envolvidos podem ser facilmente encontrados e juntos convêm para uma satisfatória filtração das águas cinzas, pois o carvão é responsável por filtrar os poluentes químicos presentes nas águas cinzas, invisíveis a olho nu, como metais dissolvidos, tirando também a coloração acinzentada da água, deixando-a com uma cor mais clara e nítida. A areia e a brita, servem de barreira física às partículas de

terra misturadas as águas cinzas e aos pequenos fragmentos que possam ser encontrados, como fios de cabelo. Já o algodão é responsável por reter partículas que passaram por todas as camadas filtrantes anteriores. Uma amostra de cada material que foi usado é apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Amostra dos materiais do meio filtrante



Fonte: Próprio autor (2017).

Alguns materiais foram usados de maneira indireta para a construção do filtro, como foi o caso de cola para tubos, veda-rosca para não vazar a água filtrada pela torneira e uma balança de precisão de 5kg para pesar a quantidade de material que seria usado no meio filtrante.

Também foi acoplado ao filtro um equipo de transfusão de sangue de câmara dupla, com o intuito de controlar a vazão do mesmo. O equipo de transfusão de sangue é um dispositivo para controle de fluxo e dosagem de sangue e hemoderivados; a câmara dupla é porque a primeira parte do equipo é dotada de um filtro e a segunda é para visualização e controle do gotejamento. O equipo em questão serviu para as águas cinzas pois trabalhava de maneira eficaz com um líquido mais viscoso sem que obstruísse a mangueira que levava a água cinza do recipiente até o filtro, coisa que não era possível com o equipo de soro. A balança e o equipo são mostrados na Figura 8.

Figura 8 - Materiais acoplados ao filtro



Fonte: Próprio autor (2017).

Depois de inserir todos os elementos necessários, o filtro apresentou a seguinte forma, relatada na Figura 9:

Figura 9 - Concepção final do filtro utilizado



Fonte: Próprio autor (2017).

3.3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

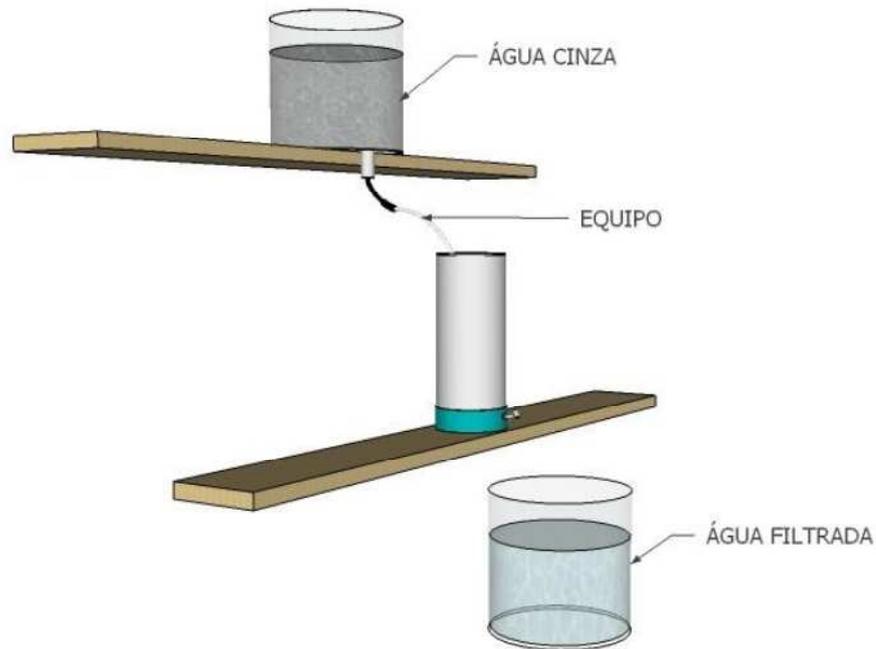
Segundo as especificações da NBR 13969/97, as taxas de aplicação para filtros de areia para efluentes são entre 100 L/m².dia a 200 L/m².dia, mas devido as configurações escolhidas para o filtro elaborado, foi verificado maior adequação a filtros lentos de água, portanto as taxas de aplicação superficial foram estimadas com base nessa tecnologia, optando-se por usar três diferentes taxas de aplicação para o determinado experimento, sendo elas de 1000 L/m².dia, 2500 L/m².dia e 5000 L/m².dia respectivamente.

Deste modo, foram construídos três filtros para se realizar o experimento, sendo que para determinar as vazões que cada filtro iria trabalhar foi feito um cálculo anterior, em que a taxa de aplicação, dada em L/m².dia, foi multiplicada pela área do filtro, dada em m², obtendo-se um resultado em L/dia. Contudo, foi usado cálculos matemáticos para se chegar a uma unidade de ml/min. Esse procedimento foi realizado para os três filtros.

Portanto, denominou-se de Filtro 1 o filtro que apresentava uma taxa de aplicação de 1000 L/m².dia e que o mesmo ficou com uma vazão de 5,45 ml/min segundo os cálculos. O Filtro 2 foi denominado para o filtro cuja taxa de aplicação foi de 2500 L/m².dia, sendo que este ficou com uma vazão de 13,63 ml/min. Já o Filtro 3 foi a denominação para o último filtro, aquele cuja taxa de aplicação foi de 5000 L/m².dia e a vazão encontrada foi de 27,27 ml/min.

Para o alcance da vazão requerida para cada filtro, foram feitos testes com o equipo antes, no qual colocava-se uma certa abertura no controlador de gotejamento e deixava fluir água pelo mesmo, marcando o tempo de um minuto no cronômetro. No final do tempo cronometrado, media-se a amostra de água que tinha fluído e conferia se estava de acordo com a vazão requerida. O processo era ser realizado novamente caso a vazão encontrada não obedecesse o critério solicitado, até se encontrar a abertura propícia do equipo para a vazão desejada.

Desta maneira, depois de construído os filtros e encontrado a vazão para cada um deles, o passo seguinte foi colocá-los para filtrar as águas cinzas. A operação se fez da seguinte forma: Cada filtro foi instalado numa superfície mediana de modo a ser interligado, através do equipo, ao recipiente que continha água cinza, este por sua vez, instalado numa superfície superior a do filtro. Embaixo da superfície que foi instalado o filtro, foi alojado um recipiente com o intuito apenas de coletar a água depois de filtrada. Esse procedimento pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 - Procedimento experimental

Fonte: Próprio autor (2017).

A medida que o recipiente que coletava água filtrada foi enchendo, coletou-se amostras experimentais de 300 ml das primeiras águas filtradas de cada filtro. Essas amostras foram guardadas em garrafas pet de 300 ml e posteriormente colocadas em geladeira para conservação das mesmas. Foram coletadas também amostras de 300 ml das águas cinzas, sendo também guardadas em garrafas pet e conservadas em geladeira. Foi observado atentamente o tempo de carreira de cada filtro, ou seja, o seu tempo de rendimento, no qual o mesmo opera com eficiência até chegar num determinado momento que ele não rende mais tão bem, sendo necessário fazer-se uma limpeza nele para que assim volte a operar de maneira eficiente. Por fim, foi anotado todos os dados.

Após a coleta das amostras, tanto da água cinza bruta, quanto das primeiras filtragens de cada filtro, foi necessário levá-las para o Laboratório de Pesquisa e Ciência Ambiental (LAPECA) do Campus I da UEPB, localizado em Campina Grande, afim de se fazer o teste de turbidez nas mesmas e indicar se estariam aptas para serem usadas no reuso em descargas de vasos sanitários de acordo com a Classe 3 da NBR 13969/97.

4 RESULTADOS

Com relação ao tempo de carreira do filtro, foi verificado que o Filtro 1 apresentou 72 horas, o Filtro 2 teve um tempo de carreira de 21 horas e o Filtro 3 apresentou uma carreira de filtração de apenas 02 horas.

Após efetivado o experimento de índice de turbidez da água, realizado em triplicata, no turbidímetro da marca Orbeco-Hellige, modelo 966 com lâmpada de tungstênio, a Tabela 4 mostra a média dos resultados encontrados para a água cinza bruta e os demais filtros.

Tabela 4 - Resultados do teste de turbidez

Turbidez (NTU)	Água bruta	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3
	132,00	13,00	29,00	70,00
Triplicata	133,00	14,40	27,00	73,00
	137,00	14,20	30,00	70,00
Média	134,00	13,87	28,67	71,00

Fonte: Próprio autor (2017).

Em referência aos aspectos organolépticos, a água filtrada teve uma resposta satisfatória, visualmente falando, em relação a água cinza, pois apresentou uma forma bem mais clara, diferenciando-se da configuração acinzentada. Com relação ao odor, o mesmo também diminuiu consideravelmente. Pode-se observar essa diferença na Figura 11.

Figura 11 - Aspectos organolépticos



Fonte: Próprio autor (2017).

5 DISCUSSÃO

A água cinza bruta apresenta um valor alto de turbidez de 134 NTU, pois nela podem ser encontrados a presença de matérias sólidas em suspensão, como coloides; matéria orgânica e inorgânica finamente divididas e organismos microscópicos. A origem desses materiais está intrinsicamente ligado aos produtos de higiene pessoal, como xampus, sabonetes, cremes dentais e de barbear, cosméticos e outros.

Observa-se que a turbidez das águas cinzas sem tratamento apresentam-se dentro dos padrões estabelecidos pelas características físicas das águas cinzas no Brasil segundo a Tabela 1, pois tomando-se como base as pesquisas de Bazzarella (2005), Philippi *et al.* (2005), Fiori, Fernandes e Pizzo *et al.* (2004), Fonini, Fernandes e Pizzo *et al.* (2004) e Borges (2003) com relação a turbidez das águas cinzas em diversos lugares do Brasil, é possível observar que as pesquisas verificam altas concentrações, tendo uma média de 186 NTU com um desvio padrão de 134 NTU, e como o valor experimental encontrado da água cinza bruta foi de 134 NTU, o mesmo se encaixa dentro dos padrões de turbidez das águas cinzas no Brasil.

Após o tratamento, observa-se que o índice de turbidez considerado para o Filtro 1 foi de 13,87 NTU, onde comparando-se com a turbidez da água cinza bruta encontrada, ouve uma redução de 89,65%. Desta maneira, o modelo de Filtro 1 foi quase enquadrado nos requisitos mínimos de qualidade da água para o reuso em descargas de vasos sanitários de acordo com a Classe 3 da NBR 13969/97, pois o mesmo apresentou um excelente resultado, já que se aproximou consideravelmente de 10 NTU, que era o valor mínimo requerido no padrão acentuado pela norma.

O Filtro 2 por sua vez, teve um resultado médio do índice de turbidez de 28,67 NTU, tendo uma redução de 78,60% se comparado com a turbidez da água cinza bruta encontrada, sendo uma redução bastante considerada, mas que não chegou a atender os requisitos necessários para reuso pretendido em descargas de vasos sanitários de acordo com a NBR 13969/97.

Já o Filtro 3 não teve boa filtração, apresentou uma média do índice de turbidez de 71,00 NTU, reduzindo apenas 47,02% da turbidez encontrada na água cinza bruta, ou seja, a turbidez da água cinza bruta não diminuiu nem a metade com a filtração, mostrando desta forma total descumprimento dos padrões determinados pela norma para o reuso em descargas de vasos sanitários, sendo classificada assim como inutilizável para o reuso, pois poderá comprometer a parte hidrossanitária da residência, como exemplo a deterioração dos metais sanitários.

Em referência ao tempo de carreira dos filtros, pôde-se observar que o Filtro 1 teve um tempo de carreira maior em relação aos outros, isso porque a taxa de aplicação dele o favoreceu, pois devido se tratar de um experimento de filtro lento, quanto menor a taxa de aplicação superficial usada, maior será o tempo de carreira do filtro, é por isso que o Filtro 2 apresenta uma carreira de filtração maior que a do Filtro 3 e o Filtro 1 maior que os demais.

Desta forma, em termos operacionais o Filtro 1 ganha mais destaque devido seu tempo de carreira ser maior, pois como o mesmo apresentou uma carreira de filtração de 72 horas, torna-se necessário fazer a limpeza nele apenas duas vezes na semana. Já os demais são necessários fazer limpeza diária e no caso do Filtro 3 tendo que fazer cerca de 12 limpezas por dia, o que atrasaria bastante o operador que quer fazer uso do filtro. Assim, operacionalmente o Filtro 1 renderia mais tempo na semana e seria o mais aconselhado dentre os três em questão.

Adentrando-se na parte da turbidez, o Filtro 1 teve resultado mais satisfatório graças a taxa de aplicação que foi usada nele, pois a água cinza pôde cair de modo mais vagaroso do que nos outros filtros, fazendo com que os materiais tivessem desempenho melhor na filtração. Por isso o Filtro 2 teve um resultado de remoção de turbidez menor que o Filtro 1 e maior que o Filtro 3, sendo também o motivo do Filtro 3 ter tido um resultado tão negativo. Este fato mostrou que o filtro desenvolvido opera de melhor forma quando é introduzida uma taxa de aplicação menor.

Algumas especificações a respeito do experimento devem ser ressaltadas, pois a maneira como o mesmo foi realizado, pode ter causado alguma alteração no resultado final encontrado para as amostras. Pois de fato, a realização correta do experimento em questão implica fazer o teste de turbidez num curto período de tempo depois de colhida todas as amostras, porém como a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) do Campus VIII, localizada em Araruna, não disponibilizava dos equipamentos necessários para se fazer a análise, então o fato de ter que conservar as águas coletadas em geladeira e transferi-las pra outra cidade afim de se realizar o experimento, pode ter afetado o resultado final, mesmo que seja de forma mínima.

Quanto ao experimento de coliforme termotolerantes necessário para os parâmetros de classificação da Classe 3 da NBR 13969/97, a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) do Campus VIII, localizada em Araruna, também não disponibilizava de equipamentos suficientes para se fazer a análise, tendo assim que recorrer a outros meios externos impossibilitados ao alcance da pesquisa, onde desta maneira tornou-se incapaz de se obter resultados para este tipo de análise.

6 CONCLUSÃO

Para o reuso das águas cinzas ser realizado com eficiência é necessário efetuar o tratamento das mesmas adequando-as aos determinados padrões exigidos pela norma da NBR 13969/97 de acordo com o uso final que se queira destiná-las. Por isso as indicações que estiverem dentro da norma deverão ser devidamente seguidas para não conter riscos à saúde pública, ter aceitação dos usuários e meio ambiente e ser tecnicamente e economicamente viável ao empreendedor.

O Filtro 1 obteve o melhor resultado de índice de turbidez e tempo de carreira entre os outros filtros, sendo considerado desta maneira o mais operacional dentre todo o processo de filtração deste experimento. Desta forma, por trazer maior praticidade ao usuário, pois operacionalmente rende o período de uma semana com necessidade de apenas duas limpezas e não necessita de um grande espaço físico pra ser instalado, esse sistema se torna favorável pra ser proposto em locais como residências, escolas, fábricas, entre outros.

Uma grande vantagem da utilização da água de reuso é a preservação da água potável, reservando-a para o atendimento das necessidades que exijam uma água de melhor qualidade. Deste modo, com o crescimento populacional e o aumento considerável na demanda pela água, o reuso passa a ser uma alternativa muito eficiente e inteligente para o gerenciamento dos recursos hídricos, buscando uma sustentabilidade hídrica através do uso racional e competente.

Foi constatado que nenhum dos filtros atendeu a norma da NBR 13969/97 com relação aos índices de turbidez para o reuso em descargas de vasos sanitários, mas o estudo mostra que os mesmos possuem uma configuração correta para o tratamento desse tipo de efluente, indicando assim possíveis novos experimentos para se realizar com taxas de aplicação superficial menores; realização de novos estudos de águas cinzas de outras residências e testes de processos de desinfecção nas águas cinzas, como por exemplo desinfecção com cloração.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. C.; BUTLER, D.; FRIEDLER, E. At-source domestic wastewater quality. **Urban Water** 1, p. 49 – 55, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1997. 60 p.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento da água cinza para uso não potável em edificações**. 2005. 165 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2005.

BORGES, L. Z. **Caracterização da água cinza para promoção de sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2003, 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Curso de pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

BURNAT, J. M. Y.; MAHMOUD, N. Evaluation of on-site gray wastewater treatment plants performance in Bilien and Biet-Diko Villages/Palestine. In: **International water demand management conference**. Dead Sea, Jordan, 2004. Disponível em: <http://www.Wdm2004.org/new_web/technical-session/files/jamal_burnat.pdf>. Acesso em: 03 maio 2017.

CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E; MACFARLANE, S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. **Desalination**. v. 106, n. 1-3, p. 391-397, 1996.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; MOGENS, H. LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**. v. 4, n.1, p. 58-104, 2002.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H.S. **Avaliação do potencial de reuso de águas cinzas em edificações**. In: I Conferência latino-americana de construção sustentável – X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004. ENTAC/2004. 1 CD-ROM.

FONINI, A.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H.S. **Estudo para determinação de aproveitamento das águas pluviais e das águas cinzas em um complexo esportivo**. In: I Conferência latino-americana de construção sustentável – X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004. ENTAC/2004. 1 CD-ROM.

GONÇALVES, R. F. Plano de integração – Rede 5. **Programa de Pesquisa em Saneamento Básico**, Edital 4 (PROSAB 4), 2004. 12p.

GREY, S. R.; BECKER, N. S. C. Contaminant flows in urban residential water system. **Urban Water**. v. 4, n. 4, p. 331-346, 2002.

JEFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHERSON, T.; JUDD, S. Technologies for domestic wastewater recycling. **Urban Water**. v. 1, n. 4, p. 285-292, 1999.

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

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 223 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MENDONÇA, P. A. **O reuso da água em edifícios públicos. O caso da escola politécnica**. Salvador, 2004. 162 p. Dissertação (Mestrado em gerenciamento e tecnologias ambientais no processo produtivo) – Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2004.

NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-story buildings – over ten years experience in Berlin. **Urban Water**. v. 1, n. 4, p. 275-284, 1999.

NSW HEALTH. **Greywater reuse in Sewered single domestic premises, Sidney, 2002**. Disponível em: <http://www.health.nsw.gov.au/publichealth/ehb/general/wastewater/greywater_policy.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2017.

OTTERPOHL, R. Black, brown, yellow, grey- the new colors of sanitation. **Water** 21.p. 37-41, out. 2001.

OTTOSON, J. STRENTROM, T. A. Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. **Water Research**. v. 37, n. 3, p. 645 – 655, 2003.

PHILIPPI, L. S.; SEZERINO, P. H.; PETERS, M. R.; LAPOLLI, F. R. **Reuso de águas cinzas (greywater) e água de chuva em unidade residencial**. In: 23º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, 2005.

PIDOU, M; MEMON, F.A; STEPHENSON, T; JEFFERSON, B; JEFFREY, P. **Greywater recycling: treatment options and applications**. Engineering sustainability. v. 160, n. 13, p. 119-131, jul. 2007.

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

ROSE, J. B.; SUN, G.; GERBA, C. P.; SINCLAIR, N. A. Microbial and persistence of enteric pathogens in graywater from various household source. **Water Research.** v. 25, n. 1, p. 37-42, 1991.

SOUTH EAST WATER. **South east water's household greywater reuse guidelines.** Disponível em: <<http://www.sewl.com>>. Acesso em: 10 maio 2017.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos – Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** V.1. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. DESA. UFMG, 2005. 452p.