



## TERMO DE APROVAÇÃO DE PROJETO FINAL

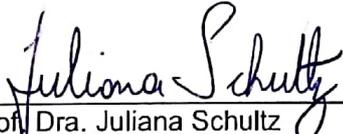
MARIANA GARCIA DA COSTA DE ALMEIDA

### ESTUDO DO USO DE CASCA DE COCO (COCOS NUCÍFERA L.) COMO MEIO FILTRANTE PARA TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA

Projeto Final de Curso, aprovado como requisito parcial para a obtenção do Diploma de Bacharel em Engenharia Ambiental no Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, com nota 10, pela seguinte banca examinadora:

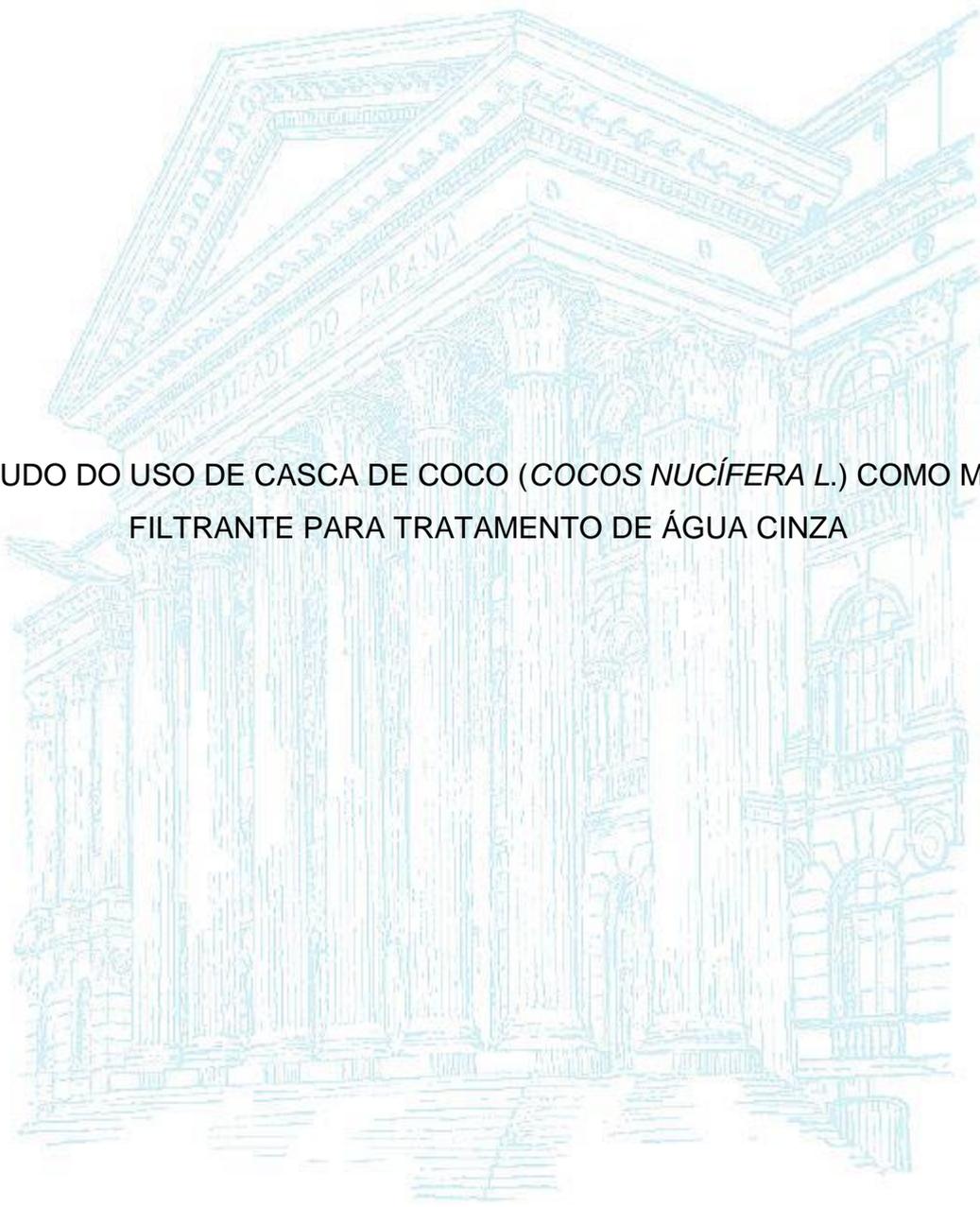
Orientador(a):   
Prof. Dr. Daniel Costa dos Santos  
Departamento de Hidráulica e Saneamento – Universidade Federal do Paraná

Membro(a) 1:   
Prof. Dra. Ana Flavia Locateli Godoi  
Departamento de Engenharia Ambiental – Universidade Federal do Paraná

Membro(a) 2:   
Prof. Dra. Juliana Schultz  
Departamento de Engenharia Ambiental – Universidade Federal do Paraná

Curitiba, 26 de junho de 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
MARIANA GARCIA DA COSTA DE ALMEIDA



ESTUDO DO USO DE CASCA DE COCO (*COCOS NUCÍFERA L.*) COMO MEIO  
FILTRANTE PARA TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA

CURITIBA  
2019

MARIANA GARCIA DA COSTA DE ALMEIDA

ESTUDO DO USO DE CASCA DE COCO (*COCOS NUCÍFERA L.*) COMO MEIO  
FILTRANTE PARA TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Ambiental da Universidade  
Federal do Paraná como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Engenheira Ambiental.  
Orientador: Prof. Dr. Daniel Costa dos Santos

CURITIBA

2019

## AGRADECIMENTOS

À Deus por me manter firme em todos os momentos.

À minha família por permitir que estivesse onde estou hoje.

À Simone, Vinícius, Ana Júlia e Amanda por serem minha segunda família.

Aos meus amigos Lilian, Tatiana, Ana, Italo, André Gabriel e Lucas por me darem vários momentos de alegria, quando a rotina se mostrava pesada demais e desmotivadora.

À todos os professores do curso de Engenharia Ambiental por todo conhecimento passado e aprendizados que levarei para vida.

Ao meu orientador Professor Daniel, que me acompanha desde o início do curso, me orientando, ouvindo minhas dificuldades e por apoiar minhas ideias.

À professora Juliana Schultz por toda ajudada prestada e pelos puxões de orelha quando necessários.

À Luciane Prado por todo auxílio no laboratório e conversas durante as análises.

À Joyce de Oliveira pela companhia nos jantares e cafés da manhã e pelas conversas e perrengues que passamos juntas.

Às minhas amigas Cláudia, Pâmella, Deborah, Damaris e Letícia pelo apoio durante o curso, seja nos almoços, estudando para provas ou trocando experiências de vida, e por acreditarem neste trabalho junto comigo.

Ao meu eterno companheiro Roberto Lukas, por sempre estar ao meu lado, me apoiando, auxiliando e sendo meu abrigo nos momentos difíceis.

Aos membros componentes da banca professora Ana Flávia Locateli Godoi e professor Ramiro Gonçalves Etchepare.

## RESUMO

A água tem se tornado um recurso escasso devido ao aumento populacional e conseqüente demanda em diversos setores que são influenciados por esse crescimento. A falta de água pode acarretar problemas de desigualdade social, econômicos e políticos. A necessidade de sua conservação é de extrema importância, isso é possível com práticas como redução de consumo, reuso, conscientização da população e uso de fontes alternativas. O reuso de água cinza se mostra importante neste contexto, apesar de o Brasil não possuir parâmetros específicos para seu uso, seu tratamento é necessário. Parâmetros como DQO, DBO, OD, turbidez, pH, fósforo (P) e coliformes termotolerantes tem valores significativos neste efluente. Tratamentos com material orgânico tem sido desenvolvidos para água residuária e o uso de casca de coco como meio filtrante tem obtido bons resultados. Este trabalho teve como objetivo estudar o uso de casca de coco da espécie *Cocos Nucífera L.* como meio filtrante em um tanque para o tratamento de água cinza, sendo analisados parâmetros de qualidade da água tratada, como OD, cor, turbidez, condutividades elétrica, pH e fósforo bem como estimativas de taxa de aplicação e manutenção do material. Foram realizadas coletas de amostras com tempo de retenção de 12 horas e 36 horas no tanque. O coco apresentou boa redução dos parâmetros de turbidez e cor, com valores chegando a 95% e 83% respectivamente, e para a condutividade elétrica a redução chegou a cerca de 40%. O pH do efluente após passar pelo tanque mostrou ser mais ácido. A redução de fósforo não foi significativa, sendo que a maior eficiência de remoção foi de 17,04%. O coco demonstrou ter potencial para seu uso como pré tratamento de efluentes, sugere-se mais estudos da aplicação desse material para esse fim, com variações em seu uso, como diferentes cortes (para a casca do coco) e atribuição de agitação no material durante o processo de tratamento.

Palavras chave: Casca de coco. Filtro. Água cinza.

## ABSTRACT

Water has become a scarce resource due to population growth and consequent demand in several sectors that are influenced by this growth. Lack of water can lead to problems of social, economic and political inequality. The need for its conservation is extremely important, this is possible through practices such as reduction of consumption, reuse, population awareness and use of alternative sources. The reuse of greywater is important in this context, although Brazil does not have specific parameters for its use, its treatment is necessary. Parameters such as COD, BOD, OD, turbidity, pH, phosphorus (P) and thermotolerant coliforms have significant values in this effluent. Treatments with organic material have been developed for wastewater and the use of coconut husk as a filter has obtained good results. This paperwork's main objective was to use coconut shells of the *Cocos Nucifera* L. species as a filter in a gray water treatment tank and analyze the quality parameters of the treated water, such as OD, color, turbidity, electrical conductivity, pH and phosphorus as well as estimates of application rate and material maintenance. Samples were collected with a retention time of 12 hours and 36 hours in the tank. The coconut presented a good reduction of the parameters of turbidity and color, with values reaching 95 % and 83 % respectively, and for the electrical conductivity the reduction reached about 40 %. The effluent's pH after passing through the tank proved to be more acidic. Phosphorus reduction was not significant, and the highest removal efficiency was 17.04 %. Coconut has been shown to have the potential for its use as effluent pretreatment and further studies about the use of this material, for this specific end are suggested, like as different cuts (for the coconut shell) and adding agitation in the material during the treatment process.

Keywords: Coconut husk; Filter; Greywater.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CONSUMO DE ÁGUA POR SETOR A NÍVEL NACIONAL.....	15
FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DOMÉSTICO DA ÁGUA EM DIFERENTES PAÍSES.....	19
FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DE COMPOSTOS EM PARCELAS DO ESGOTO DOMÉSTICO.....	24
FIGURA 4 - ESTRUTURA DO COCO (COCOS NUCÍFERA L.).....	29
FIGURA 5 - BOMBONA UTILIZADA COMO TANQUE E DESENHO ESQUEMÁTICO .....	31
FIGURA 6 - CORTE DO COCO.....	32
FIGURA 7 - MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS UTILIZADA.....	33
FIGURA 10 - EQUIPAMENTO DE ANÁLISE DE COR.....	38
FIGURA 11 - TURBIDÍMETRO.....	38
FIGURA 12 - PHMETRO.....	39
FIGURA 13 - CONDUTIVÍMETRO.....	40
FIGURA 14 - OXÍMETRO.....	40
FIGURA 15: SOLUÇÕES APÓS DIGESTÃO PARA CURVA DE CALIBRAÇÃO. ....	41
FIGURA 16: AMOSTRAS DE 1 A 6 DE ÁGUA CINZA BRUTA E ÁGUA DE TORNEIRA APÓS DIGESTÃO. ....	41
FIGURA 17: AMOSTRAS DE ÁGUA CINZA DE RETENÇÃO DE 12 HORAS NO TANQUE APÓS DIGESTÃO.....	42
FIGURA 18- DEGRADAÇÃO DO COCO.....	47

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO BRASILEIRA E TAXA DE URBANIZAÇÃO .....	15
TABELA 2 - TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA AUMENTO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	17
TABELA 3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CINZA ORIUNDA DE DIFERENTES FONTES.....	21
TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DE ÁGUAS CINZA DE DIFERENTES ESTUDOS .....	22
TABELA 5 - DIRETRIZES SUGERIDAS PARA ÁGUA DE REUSO EM MEIO URBANO .....	25
TABELA 6 - VALORES DOS PARÂMETROS DE REUSO DE EFLUENTES NA ABNT (1997) E BRASIL (2005A).....	26
TABELA 7 - RESUMO DE ALGUMAS PESQUISAS QUE AVALIARAM TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA NOS ÚLTIMOS 2 ANOS. ....	27
TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA FIBRA DE COCO .....	30
TABELA 9 - CARACTERÍSTICAS DOS REGIMES HIDRÁULICOS .....	30
TABELA 10 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS LAVADORA SAMSUNG .....	32
TABELA 11 - CALENDÁRIO DO EXPERIMENTO .....	34
TABELA 12 - DESCRIÇÃO DAS ROUPAS UTILIZADAS .....	37
TABELA 13 - TURBIDEZ (NTU).....	43
TABELA 14 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 12h NA TURBIDEZ .....	43
TABELA 15 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 36h NA TURBIDEZ .....	43
TABELA 16 – VALORES OBTIDOS PARA COR (uC).....	45
TABELA 17 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 12 h NA COR .....	45
TABELA 18 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 36 h NA COR .....	45
TABELA 19 - AMOSTRAS DO DIA 27/05/2019 .....	47
TABELA 20 - OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg L-1) .....	48
TABELA 21 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 12 h NO OD .....	48
TABELA 22 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 36 h NO OD .....	48
TABELA 23 - CONDUTIVIDADE ( $\mu\text{S cm}^{-2}$ ).....	51
TABELA 24 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 12 h NA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	51
TABELA 25 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 36 h NA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	51

TABELA 26 - pH.....	53
TABELA 27 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 12 h NO pH.....	53
TABELA 28 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 36 h NO pH.....	53
TABELA 29 - CONCENTRAÇÃO E REDUÇÃO DE FÓSFORO TOTAL.....	54

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CURVA DE CALIBRAÇÃO PARA FÓSFORO TOTAL .....	42
GRÁFICO 2 - VARIAÇÃO DE TURBIDEZ (NTU) NAS AMOSTRAS .....	44
GRÁFICO 3 - VARIAÇÃO DE COR (uC) NAS AMOSTRAS .....	46
GRÁFICO 4 - VARIAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) NAS AMOSTRAS .....	49
GRÁFICO 5 - COMPORTAMENTO DE OD DA AMOSTRA BRUTA E COM TEMPO DE RETENÇÃO DE 12 h E 36 h. ....	50
GRÁFICO 6 - VARIAÇÃO DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NAS AMOSTRAS .....	52
GRÁFICO 7 - VARIAÇÃO DE pH NAS AMOSTRAS.....	54
GRÁFICO 8 - CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO DAS AMOSTRAS.....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Água Cinza
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
OD	Oxigênio Dissolvido
PAC	Policloreto de Alumínio
pH	Potencial Hidrogeniônico
P <sub>t</sub>	Fósforo total
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SS	Sólidos Suspensos
ST	Sólidos Totais

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	14
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
3.1 ÁGUA NO MEIO URBANO .....	15
3.1.1 Uso Urbano.....	15
3.1.2 Ciclo Urbano da água .....	16
3.2 CONSERVAÇÃO DA ÁGUA NO MEIO URBANO .....	17
3.3 ÁGUAS CINZAS (AC) .....	18
3.3.1 Definição.....	18
3.3.2 Caracterização (Qualitativa) .....	19
3.3.3 Critérios qualitativos para o uso de água cinza .....	24
3.3.4 Tratamentos de água residuária .....	26
3.4 CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL (COCO) .....	29
3.5 REGIMES HIDRÁULICOS .....	30
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	31
4.1 DESCRIÇÃO DO TRATAMENTO PROPOSTO.....	31
4.2 CARACTERÍSTICAS DA LAVADORA .....	32
4.3 COLETA DE DADOS .....	33
4.4 PROCESSO DE LAVAGEM DE ROUPAS E GERAÇÃO DE ÁGUA CINZA....	36
4.5 MÉTODOS DE ANÁLISE .....	37
4.5.1 Método de análise de Cor.....	37
4.5.2 Método de análise de Turbidez.....	38
4.5.3 Método de análise de pH .....	39
4.5.4 Método de análise de Condutividade elétrica .....	39
4.5.5 Método de análise de Oxigênio Dissolvido (OD).....	40
4.5.6 Método de análise de Fósforo Total.....	41
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	43
5.1 ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PARA TURBIDEZ.....	43
5.2 ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PARA COR.....	44
5.3 ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PARA OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) .....	47
5.4 ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PARA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	50
5.5 ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PARA pH.....	53

5.6 ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PARA FÓSFORO TOTAL .....	54
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento populacional e a conseqüente escassez de recursos ficam mais evidentes a cada ano, o consumo excessivo dos recursos naturais e geração de resíduos, sem devido tratamento, tornam necessárias pesquisas de novas tecnologias que nos auxiliem a destinar de forma adequada esses resíduos ou até mesmo estudos de melhor aproveitamento dos recursos existentes.

Segundo Tundisi (2011), a crise da água é uma ameaça permanente à humanidade. A dificuldade de acesso a água potável traz à tona diversos problemas sociais e econômicos como: doenças, desigualdade entre regiões e países, estresse econômico, entre outros problemas.

Ações de conservação deste recurso envolvem seu uso racional, com medidas como conscientização da população e o uso de fontes alternativas, como água da chuva ou águas cinzas.

Água residuária proveniente de máquinas de lavar, pias, máquinas de lavar louça e banho, são caracterizadas como água cinza (AC). No Brasil ainda não foram estabelecidos parâmetros de qualidade para reuso desta água, mas seu tratamento deve ser feito pois pode conter coliformes termo tolerantes e valores expressivos de fósforo, dentre outros como matéria orgânica, turbidez e cor, que tem limites definidos para determinados usos.

Tratamentos vem sendo estudados para este tipo de água residuária, desde os convencionais, já utilizados para tratamento de esgoto bruto, até com o uso de materiais alternativos. O uso de fibra de coco como filtro orgânico teve resultados satisfatórios e além do tratamento da água cinza, o uso deste material permite uma nova destinação para o resíduo do coco, diminuindo assim seu impacto na natureza.

Este trabalho pretendeu estudar o uso de coco da espécie *Cocus Nucífera L.* como meio filtrante para o tratamento de água cinza proveniente de máquina de lavar roupas. O tratamento foi realizado em um tanque plástico de resina de polietileno, somente com o material orgânico como filtro, com o regime de batelada, em uma residência.

Teve-se como objetivo analisar parâmetros como OD, pH, turbidez, condutividade elétrica, fósforo e cor em laboratório para verificar a eficiência da utilização de coco como material adsorvente, principalmente de fósforo, já que as

estações de tratamento de esgoto não conseguem tratá-lo com eficiência, para avaliar seu uso como uma alternativa de material natural como pré tratamento de efluente.

## **2 OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo geral estudar o uso da casca de coco da espécie *Cocos Nucífera L.* como meio filtrante para tratamento de água cinza de máquina de lavar roupas.

E como objetivos específicos estudar a eficiência do tratamento proposto para os parâmetros de qualidade da água:

- Cor Aparente;
- Turbidez;
- pH;
- Fósforo Total;
- Oxigênio Dissolvido;
- Condutividade Elétrica.

Através de análises em laboratório do efluente bruto e após tratamento.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 ÁGUA NO MEIO URBANO

##### 3.1.1 Uso Urbano

Dados de densidade demográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apontam que a população no Brasil, em sua grande maioria, se encontra em meio urbano. Essa parcela da população cresce a cada ano assim como a população total do país; dados sobre esse crescimento podem ser observados na Tabela 1.

TABELA 1 - CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO BRASILEIRA E TAXA DE URBANIZAÇÃO

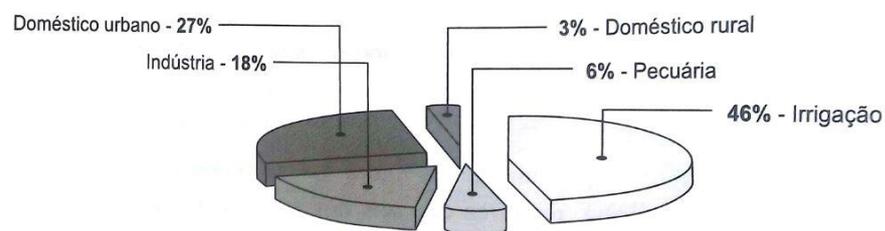
Ano	População*	Parcela urbana da população
1970	93,1	55,9
1980	118,0	68,2
1991	146,8	75,6
1996	157,1	78,4
2000	169,0	81,1

\*Em milhões de habitantes

FONTE: IBGE (2000a) adaptada de (TUNDISI, 2011).

Segundo (LIBÂNIO, 2010), em nível nacional, o uso da água classificado como doméstico urbano corresponde a 27 %, só é menor que o uso para irrigação, que chega a 46%, como pode ser visto na Figura 1.

FIGURA 1 - CONSUMO DE ÁGUA POR SETOR A NÍVEL NACIONAL.



FONTE: (LIBÂNIO, 2010)

O meio urbano dita o consumo nos outros setores, visto que grande porcentagem do consumo de água é destinado para agricultura e indústria, que são setores que abastecem os centros urbanos. De acordo com (TUCCI, 1997), a

medida em que ocorre a urbanização das cidades, são ocasionados impactos como: aumento das vazões máximas, aumento da produção de sedimentos e deterioração da qualidade da água.

É necessário, portanto, considerar a reflexão e a discussão de que o aumento populacional tem levado ao alto consumo dos recursos naturais. Dois dos mais importantes aspectos do consumo são: o padrão (como se consome) e o nível (quanto se consome) (CARMO, DAGNINO, & JOHANSEN, 2014).

### 3.1.2 Ciclo Urbano da água

O ciclo urbano da água é constituído por: bombeamento da água na captação em um corpo hídrico, tratamento, uso e retorno desta água para os rios ou lagos, retorno este imperfeito, pois raramente a água apresenta as mesmas condições que o corpo receptor ou com que foi captada (BAZZARELLA, 2005).

Os usos de água que exigem um tratamento prévio com melhor qualidade constituem uma parcela somada de 45 % do consumo nacional, como mostrado na figura 1, que são os setores de indústria e uso doméstico. Desde a captação até seu tratamento a qualidade da água é alterada ao longo de seu percurso. (VON SPERLING, 1995)

A água que consumimos primeiramente é captada do rio, lago ou lençol subterrâneo, que é chamada de água bruta. Após a captação ela passa pela Estação de Tratamento de Água (ETA), onde passa por processos químicos e físicos para atender aos padrões de qualidade estabelecidos, para se tornar, assim, água potável. Esta água é, então, armazenada em reservatórios e transportada para rede de distribuição, chegando desta forma até o consumidor.

Após seu uso, a água sofre nova transformação em sua qualidade. Temos, então, o esgoto bruto, este é transportado através de dutos e tratado em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Nessa estação, ele sofre o tratamento necessário, de acordo com a legislação vigente, para que volte ao corpo receptor (rios, mares e oceanos).

### 3.2 CONSERVAÇÃO DA ÁGUA NO MEIO URBANO

O Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações, elaborado pela FIESP, associa a prática de conservação da água qualquer atividade que: reduza seu consumo, possibilite seu reuso, possibilite a gestão de demanda e minimize perdas e geração de efluentes.

Para Tundisi (2011), a utilização de água de reuso para fins menos nobres pode ser um importante mecanismo de aproveitamento de recursos hídricos. Seu uso pode ter várias finalidades como: limpeza pública, irrigação de jardins, refrigeração de equipamentos industriais e lavagens de carros e caminhões. Na Tabela 2, Tundisi (2011) descreve algumas tecnologias para aumento da disponibilidade hídrica.

TABELA 2 - TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA AUMENTO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

<b>Efeito</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>Comentários</b>
<b>Aumento da reserva de águas superficiais</b>	Mudanças na reserva de água da superfície (mais represas); Gerenciamento das bacias hidrográficas;	Aumento das reservas e dos reservatórios de água sólida (neve) Ampliação da revegetação e proteção da vegetação nativa
	Modelo de fluxo hidrológico em rios;	Melhor uso da água de acordo com o ciclo hidrológico Altos custos são limitantes
	Dessalinização.	
<b>Conservação das águas de superfície</b>	Liberação flexível da água; Controle das perdas;	Liberação relacionada com a demanda Limitação das perdas com tecnologias especiais
	Controle da evaporação;	Limitação das superfícies, reflexão da luz solar, cobertura de represas de pequeno porte, mecânica ou quimicamente
	Gerenciamento da vegetação;	Remoção de vegetação que causa evaporação excessiva
	Gerenciamento da água de superfície;	Renovação da superfície do solo, mudança de propriedades do solo para conservar água da precipitação
<b>Aumento da eficiência no uso da água</b>	Irrigação.	Há muitas técnicas disponíveis, a salinização do solo é um dos principais problemas
	Uso adequado de plantas e animais;	Limitação do estresse de água e utilização para produção agrícola em pequena escala
	Biotecnologia;	Introdução de modificações genéticas para limitar o estresse de água Estímulo à inovação para reuso

	Introduzir e desenvolver técnicas de reuso.	
<b>Conservação dos aquíferos subterrâneos</b>	Recarga dos aquíferos;	Depende da disponibilidade de águas superficiais
	Controle da poluição.	Manutenção da qualidade das águas subterrâneas é difícil e a recuperação da qualidade tem altos custos
<b>Técnicas de gerenciamento</b>	Gerenciamento da informação; Gerenciamento adequado do solo e da agricultura (plantio direto);	Uso intensivo da informática Agricultura alternativa, usos múltiplos do solo
	Gerenciamento integrado e preditivo.	Compreensão das peculiaridades e dos componentes do hidrociclo, bem como seu potencial e limitações

FONTE: (TUNDISI, 2011)

Tratando-se de edificações a conservação da água pode ocorrer por ações de uso racional e de fontes alternativas. Quanto às ações de uso racional, podem garantir uma diminuição significativa no consumo de água, como: o uso de aparelhos sanitários que utilizem menos água, medição individualizada de consumo, aplicação de tarifas e conscientização da população (BAZZARELLA, 2005).

O uso de fontes alternativas como água de chuva e águas cinzas garantem que a água de melhor qualidade seja usada para fins mais nobres, como estabelecido pelo Conselho Econômico e Social das Nações Unidas em 1958 de que: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior” (FIESP, 2005).

### 3.3 ÁGUAS CINZAS (AC)

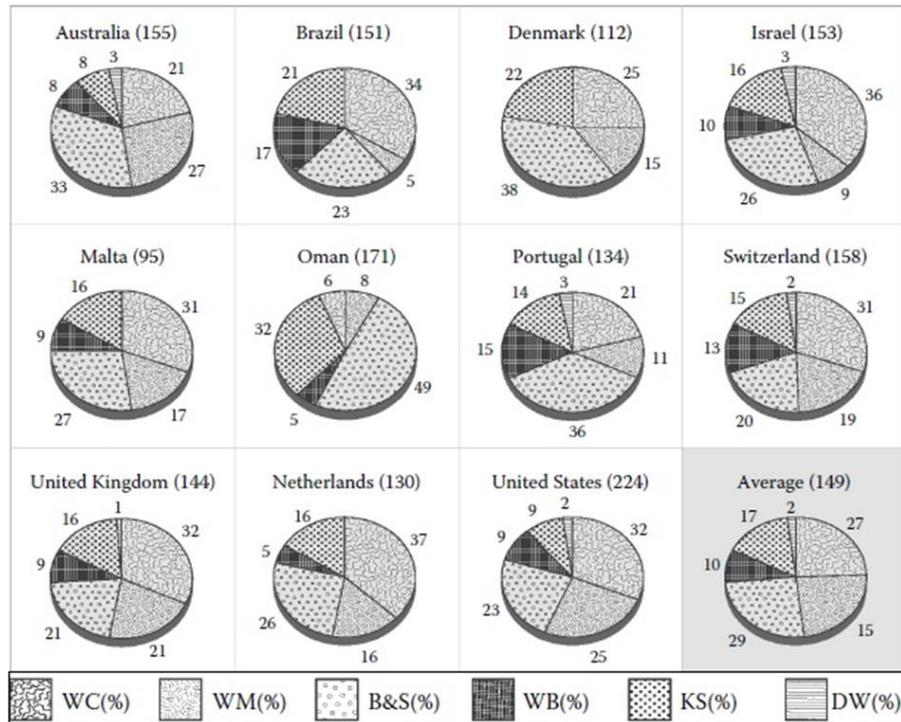
#### 3.3.1 Definição

As águas de uso doméstico podem ser definidas de dois modos: águas negras (constituídas de fezes e urina, provindas do banheiro) e águas cinzas, que contém todas as outras vazões de uma residência (banho, lavadora de roupas, pia). (GROSS, MAIMON, ALFIYA, & FRIEDLER, 2015)

A água cinza tem uma quantidade menor de coliformes fecais e matéria orgânica do que as águas negras, contudo a concentração de poluentes nela, nem sempre são inferiores as encontradas no restante das águas residuais domésticas.

Poluentes como detergente são menos diluídos por não ter um grande volume de vazão. (GROSS, MAIMON, ALFIYA, & FRIEDLER, 2015)

FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DOMÉSTICO DA ÁGUA EM DIFERENTES PAÍSES.



NOTA: WC: águas provenientes de vaso sanitário, WM (Water Machine): águas provenientes de máquina de lavar roupas, B&S (Bath and Shower): águas provenientes do banho, WB (Washing Basin): águas provenientes de tanques, KS (Kitchen Sink): águas provenientes de pia de cozinha, DW (Dishwasher): águas de lava-louças.

FONTE: (GROSS, MAIMON, ALFIYA, & FRIEDLER, 2015)

Mesmo em países com culturas diferentes se observa o consumo significativo de água em máquinas de lavar roupas em sua maioria.

### 3.3.2 Caracterização (Qualitativa)

As características físicas que afetam a qualidade e tratamento de águas cinzas são: temperatura, cor, odor, sólidos suspensos, e turbidez (GROSS, MAIMON, ALFIYA, & FRIEDLER, 2015). Sua qualidade pode variar de acordo com: localidade, nível social e até mesmo fonte (lavadores, máquina de lavar roupas, banho), bem como qualidade da água de abastecimento e tipo de rede de

distribuição (BAZZARELLA, 2005). Nas figuras 3 e 4, são mostrados parâmetros referentes a caracterização da água cinza de diversas fontes.

- Características Físicas:

As características físicas mais relevantes como já citadas são: Temperatura, cor, turbidez e sólidos suspensos (SS). Devido ao crescimento de microrganismos, não é desejável que se tenha uma temperatura alta (BAZZARELLA, 2005), porém como a água cinza sofre influência de sua fonte, a temperatura da água muitas vezes será elevada, devido a banhos quentes, enxague, etc (GROSS, MAIMON, ALFIYA, & FRIEDLER, 2015). Medidas de turbidez e SS dão informação a respeito de partículas e colóides que poderiam causar entupimento no encanamento (BAZZARELLA, 2005).

- Características químicas:

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) são indicadores do risco de perda de oxigênio, já que no processo de degradação de matéria orgânica o oxigênio é consumido, o que é indicado pela DBO e a DQO indica a matéria orgânica que pode ser oxidada por reagentes químicos adicionados ao efluente (ANA, 2017). Em águas cinzas os níveis de DQO esperados são próximos aos de esgoto doméstico e os de DBO menores (BAZZARELLA, 2005).

Dentre os nutrientes que mais tem contribuição nas ACs é o fósforo (P), que tem sua principal fonte nos detergentes. Já o nitrogênio não é tão predominante por estar presente na urina, água proveniente de vasos sanitários, salvo os casos onde se tem por cultura urinar no banho (BAZZARELLA, 2005).

De acordo com a Agência Nacional de Águas, no período de 2001 a 2015, o nível de fósforo em corpos hídricos próximos às regiões metropolitanas aumentou, pois no país o tratamento de efluentes não garante alta remoção deste nutriente (ANA, 2017).

TABELA 3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CINZA ORIUNDA DE DIFERENTES FONTES

<b>Tipos de Água Cinza</b>											
<b>Parâmetros</b>	Siegrist et al. (1976) *				Chirstov-Boal et al. (1998)			Almeida et al. (1999)			
	Chuveiro/ Banheiro	Pia de Cozinha	Lava Louças	Lava Roupas	Enxague de Roupa	Banheiro	Lavanderia	Banheira	Lavatório	Chuveiro	Pia de Cozinha
<b>Físicos</b>	mg/l exceto onde indicado										
<b>Temperatura (°C)</b>	29	27	38	32	28						
<b>Turbidez (NTU)</b>						60 - 240	50 - 210				
<b>ST</b>	250	2410	1500	1340	410						
<b>SST</b>	120	720	440	280	120			54	181	200	235
<b>Químicos</b>	mg/l exceto onde indicado										
<b>pH</b>						6,4 - 81	9,3 - 10				
<b>Condutividade (µS/cm)</b>						82 - 250	190 - 1400				
<b>Alcalinidade</b>						24 - 43	83 - 200				
<b>DBO5</b>	170	1460	1040	380	150	76 - 200	48 - 290				
<b>DQO</b>								240	298	501	644
<b>Óleos e Graxas</b>						37 - 78	8,0 - 35				
<b>Cloreto</b>						9,0 - 18	9,0 - 88				
<b>Nutrientes</b>	mg/l exceto onde indicado										
<b>N-total</b>	17	74	40	21	6						
<b>NTK</b>						4,6 - 20	1,0 - 40				
<b>NH4-N</b>	2	6	4,5	0,7	0,4	<0,1 - 15	<0,1 - 1,9	1,1	0,3	1,2	0,3
<b>NO3-N</b>	0,4	0,3	0,3	0,6	0,4			4,2	6	6,3	5,8
<b>NO3 &amp; NO2</b>						<0	0,10 - 0,31				

<b>P-total</b>	2	74	68	57	21	0,11 - 1,8	0,062 - 42						
<b>PO4-P</b>	1	31	32	15	4			5,3	13,3	19,2	26		
<b>Microbiológicos</b> por 100 ml exceto onde indicado													
<b>Coliformes Totais</b>	70 - 8200			85 - 8,9x10 <sup>2</sup>	190 - 1,5x10 <sup>2</sup>	500 - 2,4x10 <sup>2</sup>	2,3x10 <sup>2</sup> - 3,3x10 <sup>2</sup>						
<b>Coliformes Fecais</b>	1 - 2500			9 - 1,6x10 <sup>4</sup>	35 - 7,1x10 <sup>3</sup>	170 - 3,3x10 <sup>3</sup>	110 - 1,09x10 <sup>3</sup>						
<b>Cripistoridium</b>							nd	nd					
<b>Salmolnela</b>							nd						

FONTE: Adaptado de (BAZZARELLA, 2005) apud Eriksson et al (2002).

TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DE ÁGUAS CINZA DE DIFERENTES ESTUDOS

Parâmetros	Características físicas, químicas e microbiológicas de águas cinza de diferentes estudos													
	Água cinza clara							Água cinza escura						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Mín - Máx	Mín - Máx	Médi a	Médi a	Média	Médi a	Média	Média	Médi a	Média	Médi a	Média	Média	Médi a
<b>ph</b>	6,9 - 7,3	-	7,1	7,6	7,3	-	6,4 - 8,1	7,2	8,1	-	7,7	7,2 - 8,3	7,8	9,2
<b>Turbidez (UNT)</b>	-	-	156	-	164	35	60 - 240	37	102	-	83	-	73	151
<b>ST (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	326 - 356	-	-	373	-	-	-	-	558	-	575	-	-	-
<b>SST (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	58 - 74	-	-	90	153	-	48 - 120	-	40	139	160	240 - 280	78	119
<b>SDT (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	269 - 282	-	-	282	-	-	-	-	520	-	415	-	-	-
<b>DBO (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	59 - 129	50 - 100	-	272	155	39	76 - 200	97	252	67	-	68 - 120	106	212
<b>DQO (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	179 - 197	100 - 200	-	305	587	144	-	-	433	198	134	216 - 320	237	379
<b>Nt (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	-	05/out	-	2,5	10,4	7,6	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Pt (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	0,7 - 1,3	0,2 - 0,6	-	1,3	-	-	0,1 -	6,2	-	1,8	-	-	2,9	-

	1,8													
<b>Coliformes<sub>totais</sub></b> <b>(NMP.100mL<sup>-1</sup>)</b>	3,5x10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>	-	-	9,4x10 <sub>3</sub>	-	500 - 2,4x10 <sup>7</sup>	9,4x10 <sub>5</sub>	5x10 <sup>4</sup>	1,2x10 <sub>7</sub>	-	-	4x4x10 <sub>3</sub>	105
<b>Coliformes<sub>termotolerante</sub></b> <b>(NMP.100mL<sup>-1</sup>)</b>	0 - 6x10 <sup>4</sup>	0,1 - 1,0	33	-	-	-	170 - 3,3x10 <sup>3</sup>	4,0x10 <sub>2</sub>	32	4,8x10 <sub>6</sub>	-	50 - 120	-	10 <sup>2</sup>

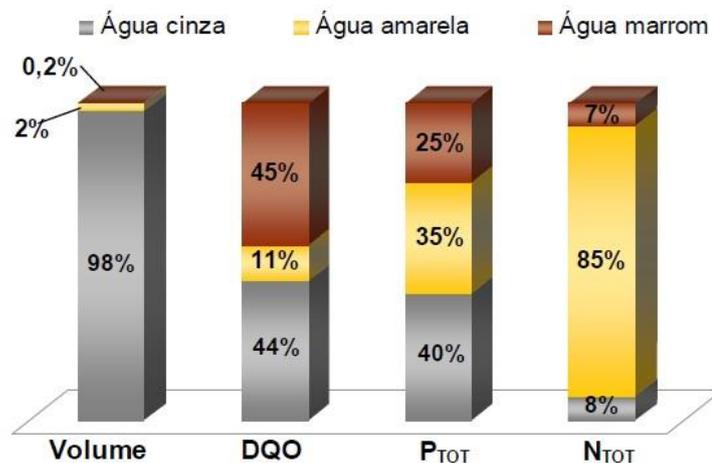
NOTA: 1: Santos *et al.*, 2014 – contribuições de lavatórios e chuveiros; 2: Nolde, 2000 – contribuições de chuveiros e banheiras;; 3: Paula; Fernandes, 2017 – contribuições de lavatórios e chuveiros; 4: Noutsopoulos *et al.*, 2017 – contribuições de lavatórios; 5: Jefferson *et al.*, 2004 – contribuições de lavatórios e chuveiros; 6: Pidou *et al.*, 2008 – contribuições de lavatórios e chuveiros; 7: Christova-Boal *et al.*, 1996 – contribuições de lavatórios e chuveiros; 8: Santos; Zabrocki, 2003 – contribuições de lavatórios, chuveiros, bidê e banheiras; 9: Surendran; Wheatley, 1998 – contribuições de lavatórios; 10: Giresunlu; Baykal, 2016 – contribuições de lavatórios, chuveiros e máquina de lavar; 11: Vinitha *et al.*, 2018 – contribuições de lavatórios, chuveiros e máquina de lavar; 12: Ramprasad *et al.*, 2017 – contribuições de lavatórios, chuveiros, banheiras e máquina de lavar; 13: Gonçalves *et al.* (2010) – contribuições de lavatórios, chuveiros, banheiras, máquina de lavar e tanques; 14: Dell'Uomo (2014) – contribuições de lavatórios, chuveiros e máquina de lavar.

FONTE: Adaptado de CINTRA, 2019

Microrganismos patogênicos podem ser encontrados na AC de lavagens, onde se tem a lavagem de fraudas, banho, limpeza de pés e mãos. Segundo Bazzarella apud Rose et al. (2002), a quantidade de microrganismos patogênicos aumenta durante as primeiras 48 h de estocagem da água cinza e se estabiliza nos 12 dias que se seguem.

A figura 3 ilustra a contribuição da água cinza no esgoto doméstico, onde a água marrom contém somente fezes e a água amarela contém somente urina, e se observa a contribuição significativa deste efluente no volume total e de fósforo no esgoto doméstico, representando 98 % e 40 % respectivamente.

FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DE COMPOSTOS EM PARCELAS DO ESGOTO DOMÉSTICO



FONTE: Bazzarella (2005) apud Otterpohl (2001)

### 3.3.3 Critérios qualitativos para o uso de água cinza

No que se refere a parâmetros que devem ser seguidos para utilização de AC, o Brasil ainda caminha para algo mais concreto, no entanto, a Resolução 54/2005 do Ministério do Meio Ambiente incentiva a prática de reuso e estabelece que os órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGREH deverão avaliar a consequência desta prática sobre os corpos hídricos, bem como desenvolver instrumentos regulatórios e de incentivo para prática (RESOLUÇÃO 54/2005).

A Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos, determinou diretrizes para a água de reuso que são mostradas na tabela 5, conforme *Guidelines for Water Reuse* (2012).

TABELA 5 - DIRETRIZES SUGERIDAS PARA ÁGUA DE REUSO EM MEIO URBANO

Categoria e descrição	Reuso Urbano	
	Irrestrito	Restrito
<b>Tratamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secundário</li> <li>• Filtração</li> <li>• Desinfecção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secundário</li> <li>• Desinfecção</li> </ul>
<b>Qualidade da água tratada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH = 6,0 – 9,0</li> <li>• ≤ 10 mg/l de DBO</li> <li>• ≤ 2 NTU</li> <li>• Coliformes fecais não detectáveis/ 100ml</li> <li>• 1 mg/l CL<sub>2</sub> residual (min.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH = 6,0 – 9,0</li> <li>• ≤ 30 mg/l de DBO</li> <li>• ≤ 30 mg/l de SST</li> <li>• ≤ 200 coliformes fecais/ 100ml</li> <li>• 1 mg/l CL<sub>2</sub> residual (min.)</li> </ul>
<b>Monitoramento</b>	pH – semanalmente DBO – semanalmente Turbidez – contínuo Coliformes fecais – diário CL <sub>2</sub> – contínuo	pH – semanalmente DBO – semanalmente SST – contínuo Coliformes fecais – diário CL <sub>2</sub> – contínuo
<b>Distância entre a área de disposição do efluente tratado e fonte de abastecimento*</b>	50 pés (15 m) para poços de abastecimento de água potável; aumenta para 100 pés (30 m) quando localizado em meios porosos	300 pés (90 m) para poços de abastecimento de água potável; 100 pés (30 m) para áreas acessíveis ao público (se houver irrigação por aspersão)

\* - As distâncias são recomendadas para proteger as fontes de abastecimento de água potável da contaminação e para proteger os seres humanos de riscos de saúde não razoáveis devido à exposição à água recuperada.

FONTE: (EPA, 2012)

No Brasil foram estabelecidos alguns parâmetros para reuso de efluentes, apresentados na tabela 6.

TABELA 6 - VALORES DOS PARÂMETROS DE REUSO DE EFLUENTES NA ABNT (1997) E BRASIL (2005A)

PARÂMETROS	NBR 13.969				ANA
	1	2	3	4	5
pH	6,0-8,5	-	-	0	6,0-9,0
Turbidez (UNT)	< 5,0	< 5,0	< 10	-	< 2,0
SST (mg.L <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	< 5,0
SDT (mg.L <sup>-1</sup> )	< 200	-	-	-	< 500
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	-	-	-	> 2,0	-
DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	< 10
Coliformes <sub>termotolerantes</sub> (NPM.100mL <sup>-1</sup> )	< 200	< 500	< 500	< 5000	0
Cloro residual (mg.L <sup>-1</sup> )	0,5-1,5	> 0,5	-	-	-

NOTA: 1: Lavagem de carros e outros que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis, incluindo chafarizes; 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação de jardins; manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes; 3: Descarga de vasos sanitários; 4: Pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e, outros cultivos através de escoamento superficial ou sistema de irrigação pontual; 5: descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, fins ornamentais, lavagem de roupas e de veículos.

FONTE: (CINTRA, 2019)

### 3.3.4 Tratamentos de água residuária

O tratamento de águas residuárias é feito em ETEs (Estações de Tratamento de Esgoto), onde o tratamento pode ser composto por cinco processos: pré-tratamento, tratamento primário, tratamento secundário, tratamento do lodo e tratamento terciário, que são físico-químicos ou biológicos.

O pré-tratamento realiza a separação de sólidos de grandes dimensões através de gradeamento. O tratamento primário é constituído por processos físico-químicos com a função de remover sólidos suspensos sedimentáveis, onde o efluente passa por um tanque de floculação, recebe adição de um composto químico e ocorre o agrupamento das partículas. O efluente então passa pelo tanque de decantação, onde nesse processo o lodo se deposita no fundo do tanque. No tratamento secundário ocorrem processos bioquímicos, que podem ser anaeróbios ou aeróbios, com a finalidade de remover a matéria orgânica que não foi removida no processo anterior, nesta etapa microorganismos degradam a matéria orgânica. O tratamento terciário é utilizado quando se pretende remover substâncias específicas

que não foram removidas pelos processos anteriores, é utilizado nesta etapa tecnologias como: osmose reversa, ozonização, entre outras (EOS, 2018).

O tratamento de água cinza não necessita de todos esses processos, visto que não possui grande quantidade de matéria orgânica. Alguns tratamentos para este tipo de água residuária foram estudados.

Monteiro (2009), utilizou *wetlands* para o tratamento de AC, onde utilizou uma estrutura retangular de 6 m de comprimento, 1,2 m de largura e 0,6 m de altura, com uma divisão em seu meio feita com tijolos perfurados, de modo a permitir a passagem de água. Em um lado foi inserido brita e no outro, areia grossa, sobre o preenchimento foram plantadas macrófitas. Para o estudo foi utilizado efluente de máquina de lavar roupa e banho. Seu estudo apresentou remoção de 56% a 94% de coliformes totais e *Escherichia coli*, 60% de matéria orgânica, 84% de fósforo total e 27% de nitrogênio.

Cintra (2019) apresenta uma tabela com um resumo de pesquisas que abordaram o tratamento de água cinza nos últimos dois anos, neste trabalho esta tabela foi adaptada de modo a apresentar somente a pesquisas que consideraram, entre outros, efluentes de máquina de lavar roupas.

TABELA 7 - RESUMO DE ALGUMAS PESQUISAS QUE AVALIARAM TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA NOS ÚLTIMOS 2 ANOS.

Tratamento	Tipo de efluente	Resultados obtidos	Referência	País
<b>Coagulação, Floculação e Sedimentação</b>	Água cinza de chuveiros, lavatório e máquina de lavar	Remoção média: - Sulfato de alumínio: 91% de turbidez, 73% de DQO, 83% de SST; - PAC: 93% de turbidez, 74% de DQO, 87% de SST	VINITHA <i>et al.</i> (2018)	Índia
<b>Eletrocoagulação, ozônio e UV</b>	Água cinza de lavatórios, chuveiros, cozinha e máquina de lavar	Remoção de 91% de turbidez, 96% de DQO, 89% de DBO e 99,9% de coliformes totais	BARZEGAR <i>et al.</i> (2018)	Irã
<b>Wetlands</b>	Água cinza de máquina de lavar	Remoção de 36% de nitrogênio e 72% de ST	ALMEIDA <i>et al.</i> (2018)	Brasil
<b>Wetlands</b>	Água de chuveiro,	Remoção de 91, 93, 92,	RAMPRASAD <i>et</i>	Reino

banheiras, lavatórios máquinas lavar	88, 92 e 91 % de DBO, e DQO, SST, fosfato, de nitrogênio e coliformes fecais	<i>al.</i> (2017)	Unido
---	---	-------------------	-------

FONTE: Adaptado de CINTRA, 2019.

- FILTROS COM RESÍDUOS DE COCO

Na literatura não são muitos os trabalhos que utilizam coco como meio filtrante, menos ainda para tratamento de águas cinzas. Este filtro orgânico já foi estudado como tratamento de água residuária de suinocultura por Lo Monaco *et al.* (2009), onde a fibra de coco ficava armazenada em colunas para realizar a filtração. Os resultados obtidos foram de decréscimo no pH, remoções médias de 28 % de nitrogênio e 58 % de fósforo, porém com aumento da concentração de sódio e potássio, o filtro também proporcionou a remoção de 40 % e 60 % de sólidos totais e sólidos voláteis totais, respectivamente, 50 % de sólidos fixos e 70 % de sólidos suspensos totais, não mostrando eficiência na remoção de sólidos dissolvidos totais (LO MONACO *et al.*, 2009).

Suassuna (2010), utilizou fibra da casca de coco de maneira semelhante a citada anteriormente, mas para tratamento de esgoto sanitário bruto. O filtro foi armazenado em dois tubos de PVC em série, onde foram analisados os efluentes de um filtro atuando sozinho e dos dois filtros atuando em série. Os resultados obtidos foram a redução de 89 % a 81 %, no conjunto de filtros, da cor aparente e da turbidez, respectivamente, pH menor em relação ao efluente, elevação de oxigênio dissolvido de 3,0 para 8,0 mgO<sub>2</sub>/L, o que favoreceu o tratamento aeróbio do efluente, redução de 72 % da DQO e de 50 % de nitrogênio amoniacal (SUASSUNA, 2010).

### 3.4 CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL (COCO)

O coco, após o consumo da água de coco e de sua polpa (copra), se torna um resíduo, constituído pelo mesocarpo, parte fibrosa, e endocarpo que é sua parte rígida quando maduro. A figura 4 mostra a estrutura do coco.

FIGURA 4 - ESTRUTURA DO COCO (*COCOS NUCÍFERA L.*)



Fonte: (EMBRAPA, 2016)

O consumo de coco teve aumento relativo devido às suas propriedades naturais como: proteínas, vitaminas e sais minerais. Conseqüentemente o resíduo gerado também sofre aumento e a destinação para esse resíduo é o aterro sanitário. No Brasil esse resíduo corresponde a cerca de 800 toneladas por ano sendo destinadas aos aterros e com tempo de decomposição médio de nove anos (CARDOSO, 2017).

Neste trabalho foi utilizada a fibra da casca do coco (mesocarpo), que tem as seguintes características químicas, mostradas na Tabela 8.

TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA FIBRA DE COCO

Parâmetro	Valor
pH	5
Condutividade elétrica	2,15 mS/cm
Nitrogênio total	0,51%
Fósforo total, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,20%
Potássio total, K <sub>2</sub> O	0,60%
Cálcio total, CaO	1,40%
Magnésio total, MgO	0,20%
Sódio total, NaO	0,187%
Ferro total, Fe	0,206%
Celulose	43,44%
Lignina	45,84%
Pectina	3,0%
Hemicelulose	0,25%

FONTE: (AZEVEDO et al, 2008)

### 3.5 REGIMES HIDRÁULICOS

O modelo hidráulico é definido em função do tipo de fluxo e do padrão de mistura, o padrão de mistura dependerá de parâmetros geométricos, podem ser adotados o fluxo intermitente (batelada) e contínuo (pistão, mistura completa e disperso).

TABELA 9 - CARACTERÍSTICAS DOS REGIMES HIDRÁULICOS

Fluxo	Características
<b>Batelada</b>	Fluxo intermitente, seu funcionamento ocorre através de ciclos de operação com intervalos de tempo definidos. (VON SPERLING, 1995)
<b>Pistão</b>	Análogo ao funcionamento de um embolo, para maior eficiência deve-se ter relação comprimento/largura alta, as partículas permanecem dentro do reator pelo mesmo período de tempo e tem sua concentração maior nos primeiros metros e decaimento a medida que percorre o tubo. (TOSCANI, 2010)
<b>Mistura completa</b>	Neste reator, diferente do fluxo pistão, a concentração das partículas é homogênea, o afluente assim que entra no reator tem as características do efluente, tem máxima dispersão longitudinal, se aplica melhor a reatores circulares, quadrados ou onde ocorre agitação mecânica. (TOSCANI, 2010)
<b>Disperso</b>	Possui grau de mistura intermediário.

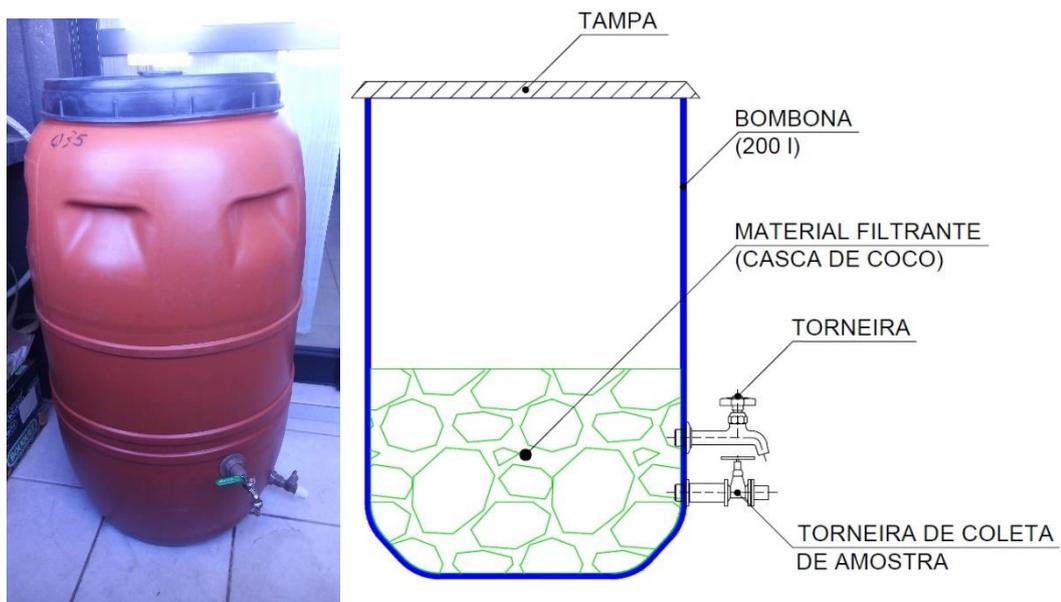
FONTE: Autora (2019)

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 DESCRIÇÃO DO TRATAMENTO PROPOSTO

Para o tratamento de água cinza, neste trabalho, foi utilizado um tanque preenchido com material orgânico. Com o conhecimento do volume de AC que deverá ser tratada optou-se por utilizar uma bombona (Tambor de polietileno em formato cilíndrico com tampa) com capacidade volumétrica de 250L. como tanque; esse material possui tampa rosqueável, torneira (para coleta da água filtrada) e permite modificações, é possível obtê-lo já modificado em estabelecimentos que trabalham com esse tipo de material.

FIGURA 5 - BOMBONA UTILIZADA COMO TANQUE E DESENHO ESQUEMÁTICO



FONTE: Autora (2019)

O interior do tanque foi preenchido com casca de coco da espécie *Cocos Nucífera L.* As cascas de coco foram fornecidas por um estabelecimento local que tem por dia cerca de 400 unidades deste material como resíduo. Este material foi cortado ao meio e foi retirada a copra, após isso colocado no tanque. O corte foi definido devido ao estabelecimento que forneceu as cascas de coco já oferecer aos seus clientes esse tipo de corte. Foram utilizadas 30 unidades de coco para

preencher o tanque até a segunda marca do tanque de baixo para cima apresentado na figura 5.

FIGURA 6 - CORTE DO COCO



FONTE: Autora (2019)

O processo de tratamento tem regime intermitente, visto que a água é despejada no tanque com intervalos definidos pelo ciclo de lavagem.

#### 4.2 CARACTERÍSTICAS DA LAVADORA

A água cinza utilizada neste trabalho será a oriunda de máquina de lavar roupa. Antes de chegar à conclusão de quais medidas seriam necessárias no tanque, algumas informações foram levantadas, sendo uma delas as especificações técnicas da lavadora utilizada na residência em que será realizada a pesquisa.

Informações do volume de água utilizada em uma lavagem completa da lavadora foram encontradas no site do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) e podem ser vistas na tabela 10.

TABELA 10 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS LAVADORA SAMSUNG

Fabricante	Marca	Modelo (Nome Fantasia)	Consumo de água	
			Total Litros/ciclo	Específico Litros/ciclo/kg
<b>SANSUMG</b>	SAMSUNG	WD11J6410AX-AZ	105,5	9,6

FONTE: adaptado de INMETRO (2016)

FIGURA 7 - MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS UTILIZADA



FONTE: Autora (2019)

O estudo foi realizado em um apartamento residido por uma única moradora.

#### 4.3 COLETA DE DADOS

Estabeleceu-se para o estudo um calendário com dias para alimentação do tanque, coleta de amostras e análise de dados, demonstrado na tabela 11.

Para as alimentações do tanque foi adotado um intervalo de 72 horas entre uma alimentação e outra, este intervalo de tempo foi definido de modo a simular como seria a rotina em uma casa. Já para as coletas foi adotado um intervalo de 12 horas e 36 horas, para que fosse possível observar se há variações nos padrões de qualidade da água com o decorrer do tempo dentro do tanque, além de também ser feita a coleta da água bruta, ou seja, o efluente da lavagem de roupas. As análises das amostras foram realizadas aproximadamente 1 hora após a coleta da amostra de 36 horas. Totalizando 6 alimentações do tanque e 18 coletas de amostra.

TABELA 11 - CALENDÁRIO DO EXPERIMENTO

<b>Dias</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Ações		18h-19h: Alimentação do tanque	6h-7h: Coleta de amostra de 12h	6h-7h: Coleta de amostra de 36h	18h-19h: Alimentação do tanque	6h-7h: Coleta de amostra de 12h	6h-7h: Coleta de amostra de 36h
			7:30-8:30: Análise das amostras no LABEAM e entrega			7:30-8:30: Análise das amostras no LABEAM e entrega	
<b>Dias</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
Ações	18h-19h: Alimentação do tanque	6h-7h: Coleta de amostra de 12h	6h-7h: Coleta de amostra de 36h	18h-19h: Alimentação do tanque	6h-7h: Coleta de amostra de 12h	6h-7h: Coleta de amostra de 36h	18h-19h: Alimentação do tanque
		7:30-8:30: Análise das amostras no LABEAM e entrega			7:30-8:30: Análise das amostras no LABEAM e entrega		
<b>Dias</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
Ações	6h-7h: Coleta de amostra de 12h	6h-7h: Coleta de amostra de 36h	18h-19h: Alimentação do tanque	6h-7h: Coleta de amostra de 12h	6h-7h: Coleta de amostra de 36h		
		7:30-8:30: Análise das amostras no LABEAM e entrega			7:30-8:30: Análise das amostras no LABEAM e entrega		
<b>Dias</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
<b>Dias</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	
Ações		Análise de Fósforo					

FONTE: Autora (2019)

Adotou-se um horário padrão para as lavagens de roupa, todas foram realizadas em um período entre 18:00 hrs e 19:00 hrs, sendo a amostra de 12 horas coletada entre 6:00 hrs e 7:00 hrs do dia seguinte e as de 36 horas coletas 24 horas após este período.

O procedimento de lavagem seguiu o ciclo da lavadora consistido de uma pré lavagem, 4 enxagues e a centrifugação, totalizando 105 litros de água utilizados. Devido ao tanque utilizado no estudo ter mais de 90 cm de altura, não foi possível que a mangueira de despejo do efluente fosse inserida diretamente no tanque, neste caso, foi necessário que se coloca-se a mangueira em uma pia localizada ao lado da lavadora (Figura 8), onde o efluente era despejado a cada função realizada e em seguida removido com o auxílio de um balde para que fosse levado até o tanque onde seria armazenado (Figura 9).

FIGURA 8 - POSIÇÃO DA MANGUEIRA DA MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS



FONTE: Autora (2019)

As amostras foram coletadas em garrafas plásticas opacas, ambientadas previamente, para diminuir o risco de contaminação, tomando o cuidado de se encher o recipiente completamente e em seguida armazenando-o em um refrigerador.

Para fins de comparação foi coletada a água da rede de abastecimento utilizada, que foi coletada, armazenada e analisada da mesma forma, porém foram

coletas somente duas amostras, uma na primeira lavagem e outra na última, de modo a se obter uma média.

FIGURA 9 - ALIMENTAÇÃO DO TANQUE



FONTE: Autora (2019)

#### 4.4 PROCESSO DE LAVAGEM DE ROUPAS E GERAÇÃO DE ÁGUA CINZA

Foram escolhidos para lavagem sabão líquido e amaciante de marcas populares, sendo o sabão líquido da marca Brilhante, que contém em sua composição química: Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio, Alquil Éter Sulfato de Sódio, Ajustador de Ph, Espessantes, Coadjuvantes, Tamponante, Corante, Branqueador Óptico, Agente Anti Redepositante, Conservantes, Fragrância e Água, e o amaciante da marca Baby Soft, que contém em sua composição química: Cloreto de dialquil dimetil amônio, coadjuvantes, emulsão de silicone, diluente, conservantes (5-cloro-2 metil isotiazolin-3-ona e 2-metil-4 isotiazolin-3-ona,

fragância, opacificante e água. Para cada lavagem foi estabelecido um padrão de 100 ml de sabão líquido e 50 ml de amaciante.

As roupas utilizadas para o estudo foram roupas de cama, como cobertas, lençóis, fronhas, edredons e mantas, sendo estas diferentes em relação a tecido, cor e tempo de uso, sendo melhor especificadas na Tabela 12.

TABELA 12 - DESCRIÇÃO DAS ROUPAS UTILIZADAS

<b>Amostra</b>	<b>Descrição</b>
1	Coberta de algodão, de cor escura, com 5 anos de uso, nunca lavada e com mancha de queimado e colcha colorida, com muitos anos de uso e que já passou pelo processo de lavagem muitas vezes.
2	Coberta de cor escura, com muitos anos de uso, pela segunda vez no processo de lavagem; mantas de algodão coloridas e edredon colorido.
3	Mantas coloridas que já haviam passado pelo processo de lavagem muitas vezes.
4	Lençol e fronhas novos, coloridos, pela primeira vez no processo de lavagem, edredon colorido.
5	Colcha, manta e lençol e fronhas coloridos.
6	Lençol e fronhas pela segunda vez no processo de lavagem, coloridos, manta colorida.

FONTE: Autora (2019)

## 4.5 MÉTODOS DE ANÁLISE

As análises foram realizadas no Laboratório de Engenharia Ambiental (LABEAM), localizado no Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, com o auxílio da técnica responsável pelo laboratório. Os parâmetros analisados foram: pH, turbidez, cor, condutividade elétrica, OD e fósforo total.

### 4.5.1 Método de análise de Cor

Para análise da cor, foi utilizado um equipamento de análise visual, da marca PoliControl, modelo NQ200. Onde a amostra é inserida em um tubo de vidro e colocada dentro do equipamento, que possui um orifício para que se veja a amostra e faça a comparação de cores com os padrões estabelecidos pelo equipamento.

FIGURA 8 - EQUIPAMENTO DE ANÁLISE DE COR



FONTE: Autora (2019)

Os valores para cor vão de 0 a 25 “unidades de cor”, sendo necessário diluição da amostra caso necessário.

#### 4.5.2 Método de análise de Turbidez

Foi utilizado um turbidímetro da marca HACH para se analisar a turbidez das amostras.

FIGURA 9 - TURBIDÍMETRO



Fonte: Autora (2019)

A análise consiste em se colocar em recipiente próprio do equipamento uma quantidade de amostra para que seja feita a leitura da turbidez, caso seja necessário o equipamento acusa que não é possível realizar leitura e então a amostra deve ser diluída para tal.

#### 4.5.3 Método de análise de pH

O phmetro digital de bancada da marca QUALXTRON, modelo QX 1500 Plus (Figura 12), foi utilizado para medir o pH das amostras.

FIGURA 10 - PHMETRO



FONTE: Autora (2019)

O equipamento conta com um sensor para medir o pH e também um para medir a temperatura, sendo que o equipamento faz a leitura quando a mesma se encontra estável.

#### 4.5.4 Método de análise de Condutividade elétrica

Para análise de condutividade elétrica foi utilizado um condutímetro (Figura 13), com forma e funcionamento semelhantes ao phmetro.

FIGURA 11 - CONDUTIVÍMETRO



FONTE: Autora (2019)

#### 4.5.5 Método de análise de Oxigênio Dissolvido (OD)

Para análise de OD foi utilizado o oxímetro digital da marca HACH (Figura 14).

FIGURA 12 - OXÍMETRO



Fonte: Autora (2019)

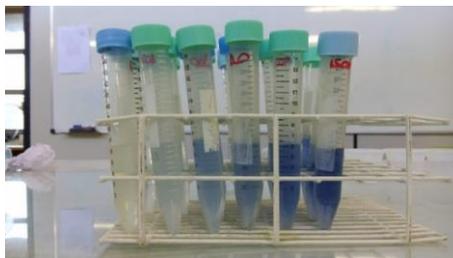
Este equipamento possui um sensor que foi inserido em um Béquer com a amostra para que pudesse fazer a leitura, o equipamento após alguns minutos estabiliza e se obtém o valor de OD da amostra.

#### 4.5.6 Método de análise de Fósforo Total

Utilizou-se o método POP 13 do Manual de Procedimentos Analíticos Aplicado ao Monitoramento de Parâmetros Associados à Qualidade da Água em Corpos Aquáticos para determinação de Fósforo Total.

Neste método é necessário que se trace uma curva de calibração, para isso foram utilizados 6 pontos de solução padrão nas concentrações 0; 0,1; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5 mg L<sup>-1</sup>, a partir de solução padrão de fosfato de concentração inicial de 50 mgL<sup>-1</sup>. Tanto no padrão como na amostra foram adicionados 2,5 ml de solução digestora alcalina em 5 ml de cada alíquota em tubo de digestão. Após isso os tubos foram levados para autoclave, onde ficaram por 25 minutos. Retirados os tubos do autoclave, esperou-se até que atingissem a temperatura ambiente, adicionou-se 1 ml de solução de tampão de borato e a solução foi misturada, logo após adicionou-se 1,5 ml de água destilada e novamente foi feita a mistura por inversão, por fim foram adicionados 2 ml de solução reativa. Os tubos então adquiriram as seguintes aparências demonstradas nas figuras 15, 16 e 17:

FIGURA 13: SOLUÇÕES APÓS DIGESTÃO PARA CURVA DE CALIBRAÇÃO.



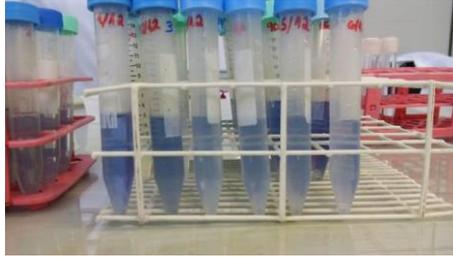
FONTE: Autora (2019)

FIGURA 14: AMOSTRAS DE 1 A 6 DE ÁGUA CINZA BRUTA E ÁGUA DE TORNEIRA APÓS DIGESTÃO.



FONTE: Autora (2019)

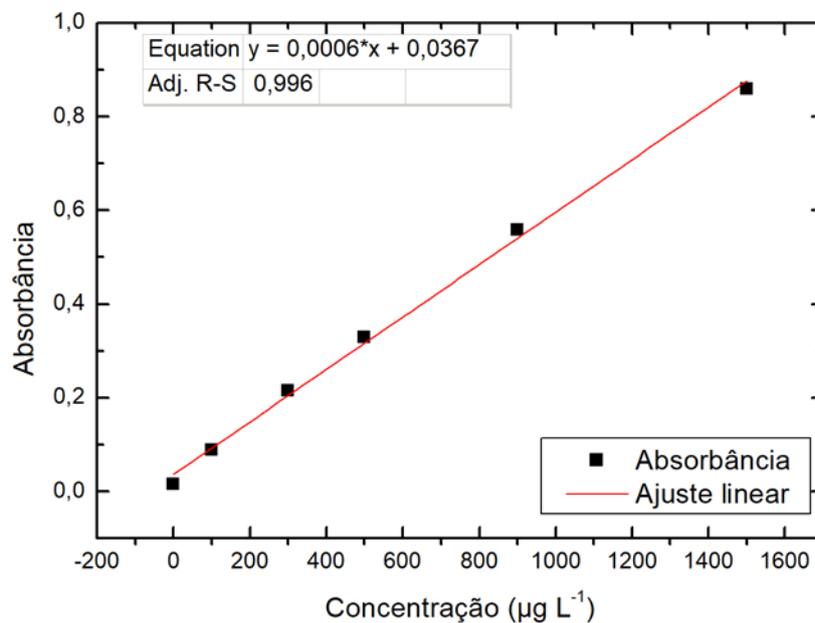
FIGURA 15: AMOSTRAS DE ÁGUA CINZA DE RETENÇÃO DE 12 HORAS NO TANQUE APÓS DIGESTÃO.



FONTE: Autora (2019)

Foi realizada a leitura de absorbância das soluções em espectrofotômetro ( $\lambda = 880 \text{ nm}$ ), onde a partir da leitura das soluções padrão foi traçada a curva de calibração, demonstrada no gráfico 1, para então a partir da equação da reta se calcular a concentração de fósforo.

GRÁFICO 1 - CURVA DE CALIBRAÇÃO PARA FÓSFORO TOTAL



FONTE: Autora (2019)

Este método pode ser aplicado para concentrações  $< 1500 \mu\text{g.L}^{-1}$  com valor mínimo detectável de  $5 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PARA TURBIDEZ

Os resultados obtidos para turbidez foram satisfatórios, visto que para amostra com retenção de 12 horas no tanque, os valores reduziram entre 62 % e 95 %, sendo a maior redução atribuída a amostra 4, seguida da amostra 6 com 94 % de redução, a mostra que obteve menor redução foi a amostra 3.

TABELA 13 - TURBIDEZ (NTU)

Amostra	Data Alimentação	Água Bruta (0h)	Data Coleta 1	Após 12 h	Data Coleta 2	Após 36 h
1	29/04/2019	601	30/04/2019	113	01/05/2019	127
2	02/05/2019	942	03/05/2019	231	04/05/2019	221
3	05/05/2019	117	06/05/2019	43,9	07/05/2019	47,9
4	08/05/2019	1810	09/05/2019	80,1	10/05/2019	82,3
5	11/05/2019	399	12/05/2019	96,5	13/05/2019	101
6	14/05/2019	1865	15/05/2019	109	16/05/2019	105

FONTE: Autora (2019)

Os valores obtidos para amostra com 36 horas de retenção no tanque não tiveram diferença significativa em relação as amostras de 12 horas, em 4 das 6 amostras observou-se que para esse tempo de retenção a turbidez começa a aumentar, indicando que um maior tempo de retenção não aumenta a eficiência do coco para esse parâmetro.

TABELA 14 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 12h NA TURBIDEZ

Turbidez (NTU) - Comparativo após 12 h				
Amostra	Água Bruta (0h)	Após 12h	Diferença	Efeito
1	601	113	488	Redução
2	942	231	711	Redução
3	117	43,9	73,1	Redução
4	1810	80,1	1729,9	Redução
5	399	96,5	302,5	Redução
6	1865	109	1756	Redução

FONTE: Autora (2019)

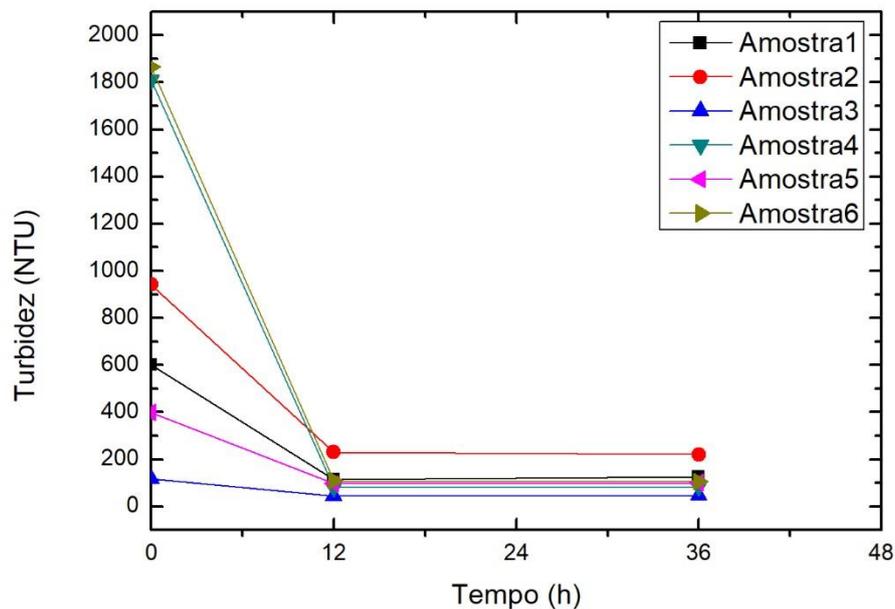
TABELA 15 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 36h NA TURBIDEZ

Turbidez (NTU) - Comparativo após 36 h				
Amostra	Água Bruta (0 h)	Após 36 h	Diferença	Efeito
1	601	127	474	Redução

2	942	221	721	Redução
3	117	47,9	69,1	Redução
4	1810	82,3	1727,7	Redução
5	399	101	298	Redução
6	1865	105	1760	Redução

FONTE: Autora (2019)

GRÁFICO 2 - VARIAÇÃO DE TURBIDEZ (NTU) NAS AMOSTRAS



FONTE: Autora (2019)

As amostras 4 e 6 apresentaram muitas fibras de tecido e corante na amostra bruta, dificultando sua leitura no turbidímetro, sendo necessário diluir a amostra em 5 vezes para que se fizesse a leitura, porém ambas apresentaram as maiores reduções de turbidez.

## 5.2 ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PARA COR

Assim como para a turbidez, foram obtidos bons resultados para o parâmetro cor, observando-se uma redução entre 29 % e 83 % para as amostras de 12 horas, sendo a menor redução atribuída a amostra 3 e a maior a amostra 4. Para as amostras de 36 horas, apenas para as amostras 1 e 2 a cor foi reduzida, a

amostra 4 não sofreu alteração e nas demais amostras os valores aumentaram entre 33 % e 87 %.

TABELA 16 – VALORES OBTIDOS PARA COR (uC)

Amostra	Data Alimentação	Água Bruta (0 h)	Data Coleta 1	Após 12 h	Data Coleta 2	Após 36 h
1	29/04/2019	500	30/04/2019	255	01/05/2019	250
2	02/05/2019	1250	03/05/2019	300	04/05/2019	250
3	05/05/2019	85	06/05/2019	60	07/05/2019	112,5
4	08/05/2019	675	09/05/2019	112,5	10/05/2019	112,5
5	11/05/2019	375	12/05/2019	112,5	13/05/2019	150
6	14/05/2019	750	15/05/2019	250	16/05/2019	375

FONTE: Autora (2019)

TABELA 17 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 12 h NA COR

Cor (UC) - Comparativo após 12 h				
Amostra	Água Bruta (0 h)	Após 12 h	Diferença	Efeito
1	500	255	245	Redução
2	1250	300	950	Redução
3	85	60	25	Redução
4	675	112,5	562,5	Redução
5	375	112,5	262,5	Redução
6	750	250	500	Redução

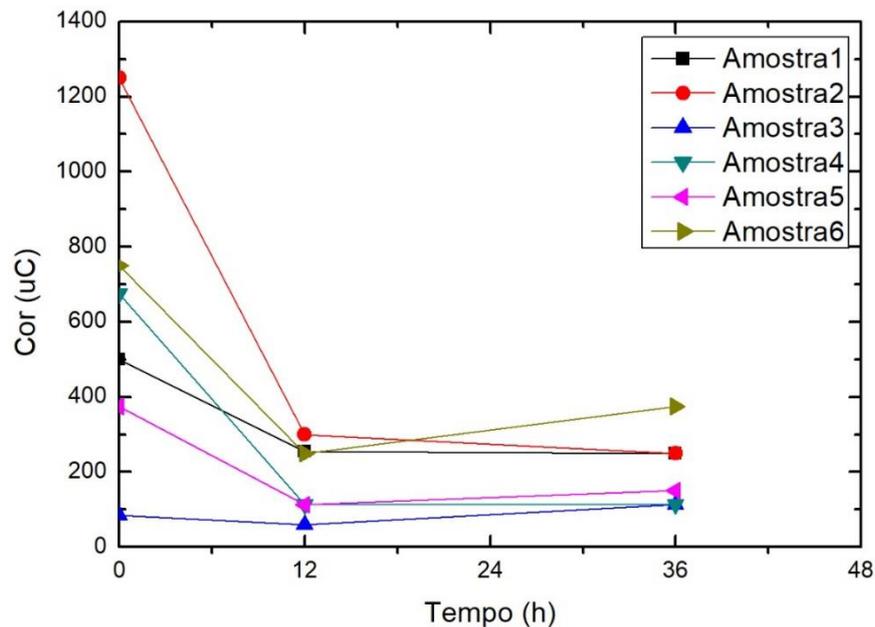
FONTE: Autora (2019)

TABELA 18 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 36 h NA COR

Cor (UC) - Comparativo após 36 h				
Amostra	Água Bruta (0 h)	Após 36 h	Diferença	Efeito
1	500	250	250	Redução
2	1250	250	1000	Redução
3	85	112,5	-27,5	Aumento
4	675	112,5	562,5	Redução
5	375	150	225	Redução
6	750	375	375	Redução

FONTE: Autora (2019)

GRÁFICO 3 - VARIAÇÃO DE COR (uC) NAS AMOSTRAS



FONTE: Autora (2019)

Os valores para esse parâmetro são obtidos de maneira visual pelo equipamento utilizado, sendo passível de erros de leitura. As amostras 4 e 6 tiveram que ser diluídas muitas vezes para que se pudesse fazer a leitura, sendo a amostra 4 diluída 50 vezes e a amostra 6 em 100 vezes, para a amostra 6 de 12 horas e 36 horas também foi necessária a diluição em 50 vezes e para as amostras 4 de 12 e 36 horas a diluição foi feita 15 vezes, isso porque as amostras como dito anteriormente, apresentavam muitas fibras de tecido e corante, dificultando sua leitura, todas essas diluições aumentam a imprecisão do valor de leitura.

O aumento de cor para as três últimas amostras retiradas com tempo de tenção de 36 horas indicam que o coco após uma semana dentro do tanque já não apresenta boa eficiência de remoção de cor do efluente, isso pode ser atribuído ao fato de que já há um acúmulo de resíduos das alimentações anteriores e também a decomposição do material, como pode ser visto na figura 18.

FIGURA 16- DEGRADAÇÃO DO COCO

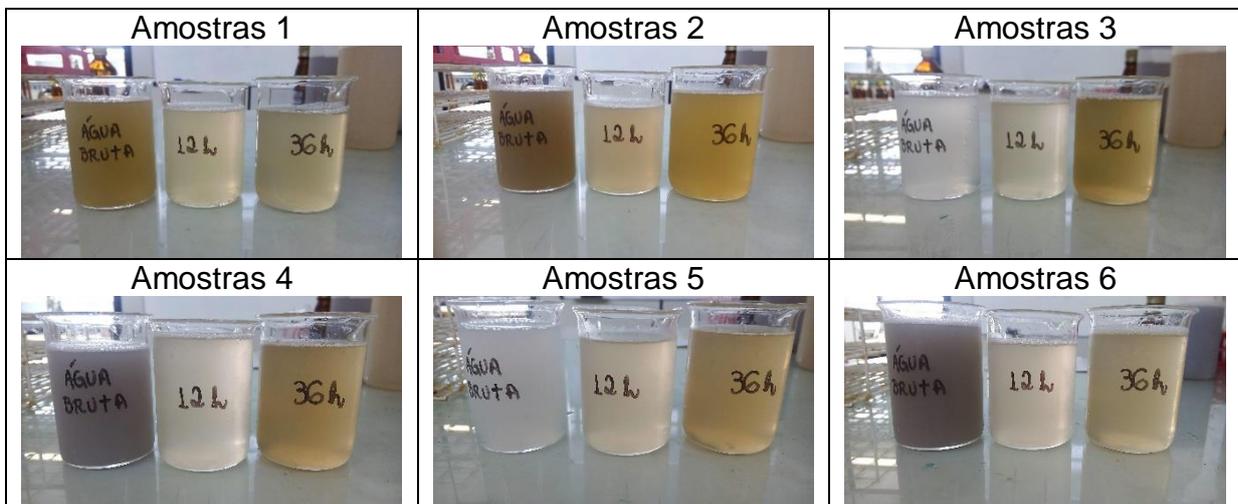


NOTA: Da esquerda para a direita: Coco na primeira alimentação, coco na terceira alimentação e coco na sexta alimentação.

FONTE: Autora (2019)

As amostras foram colocadas lado a lado para que se fosse possível visualizar o resultado após contato do efluente com o coco.

TABELA 19 - AMOSTRAS DO DIA 27/05/2019



FONTE: Autora (2019)

### 5.3 ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PARA OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

Os valores de OD não foram satisfatórios, segundo a Resolução CONAMA 357/2005 para que não afete o corpo hídrico, o ideal é que o efluente despejado seja

superior a 6,00 mg L<sup>-1</sup>, todas as amostras que ficaram em contato com o coco obtiveram valores inferiores a este.

TABELA 20 - OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg L<sup>-1</sup>)

Amostra	Data Alimentação	Água Bruta (0h)	Data Coleta 1	Após 12h	Data Coleta 2	Após 36h
1	29/04/2019	7,5	30/04/2019	1,72	01/05/2019	-
2	02/05/2019	7,72	03/05/2019	1,62	04/05/2019	1,30
3	05/05/2019	7,23	06/05/2019	1,41	07/05/2019	1,29
4	08/05/2019	7,27	09/05/2019	1,44	10/05/2019	1,38
5	11/05/2019	6,82	12/05/2019	1,61	13/05/2019	1,24
6	14/05/2019	4,87	15/05/2019	1,67	16/05/2019	2,17

FONTE: Autora (2019)

TABELA 21 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 12 h NO OD

OD (mg L <sup>-1</sup> ) - Comparativo após 12h				
Amostra	Água Bruta (0h)	Após 12h	Diferença	Efeito
1	7,5	1,72	5,78	Redução
2	7,72	1,62	6,10	Redução
3	7,23	1,41	5,82	Redução
4	7,27	1,44	5,83	Redução
5	6,82	1,61	5,21	Redução
6	4,87	1,67	3,2	Redução

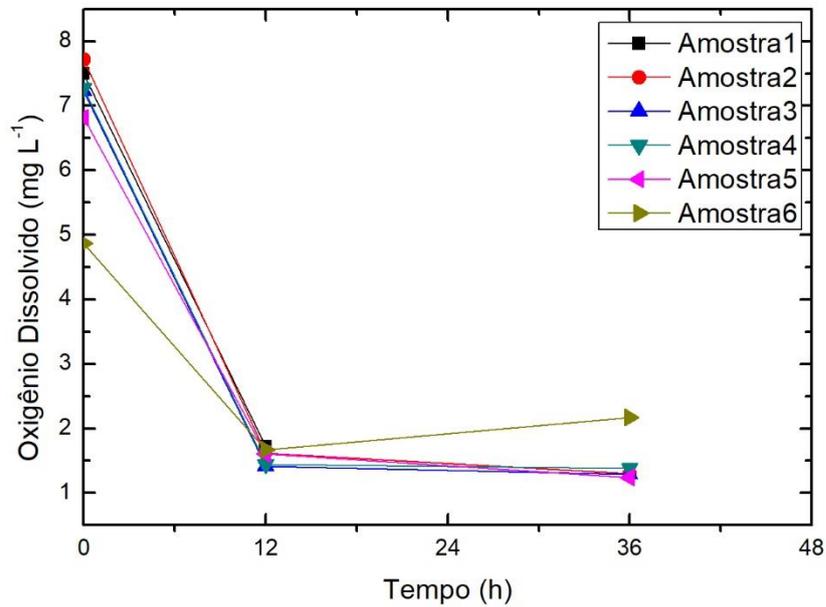
FONTE: Autora (2019)

TABELA 22 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 36 h NO OD

OD (mg L <sup>-1</sup> ) - Comparativo após 36h				
Amostra	Água Bruta (0h)	Após 36h	Diferença	Efeito
1	7,50	-	-	-
2	7,72	1,3	6,42	Redução
3	7,23	1,29	5,94	Redução
4	7,27	1,38	5,89	Redução
5	6,82	1,24	5,58	Redução
6	4,87	2,17	2,70	Redução

FONTE: Autora (2019)

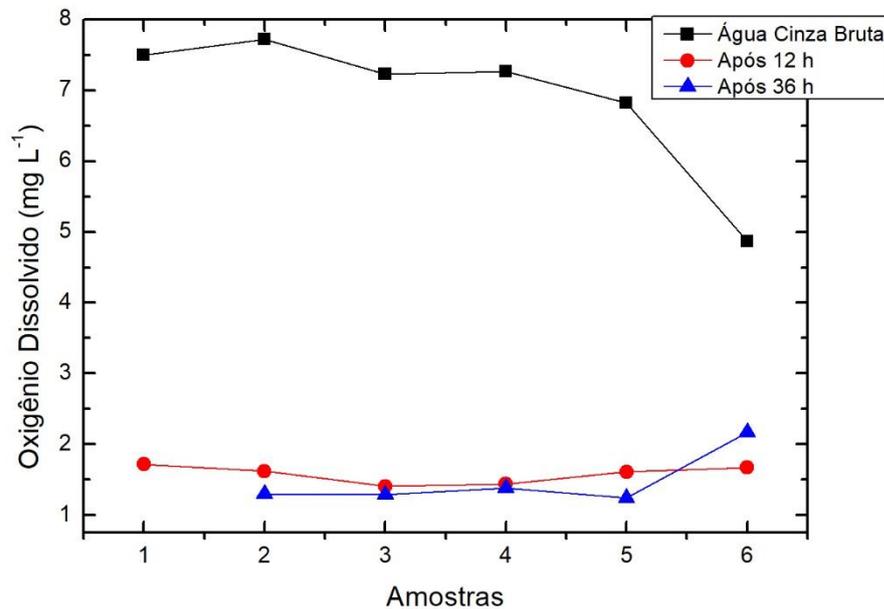
GRÁFICO 4 - VARIAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) NAS AMOSTRAS



FONTE: Autora (2019)

As amostras de 12 horas apresentaram melhor comportamento do que as de 36 horas, quando comparado entre as amostras, o valor obtido para OD da amostra 1 de 36 horas foi removido da análise de dados, pois a amostra não foi coletada e armazenada corretamente, não se encheu o frasco de coleta completamente ocasionando um alto valor de OD para essa amostra, sendo considerado um erro.

GRÁFICO 5 - COMPORTAMENTO DE OD DA AMOSTRA BRUTA E COM TEMPO DE RETENÇÃO DE 12 h E 36 h.



FONTE: Autora (2019)

Como o OD está relacionado a decomposição de matéria orgânica, visto que a mesma é depurada através de oxidação química e bioquímica, pela respiração dos microorganismos (VALENTE et al., 1997), é justificável que se obtenham os valores encontrados.

Os estudos realizados por Lo Monaco (2009) e Suassuna (2010), tiveram aumento desse parâmetro, porém ambos utilizaram regime hidráulico contínuo, sendo assim o contato do efluente com a matéria orgânica não foi extenso como neste trabalho, que utilizou regime em batelada.

#### 5.4 ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PARA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica para ambos os tempos de retenção teve redução significativa, porém essa redução foi maior para amostras de 12 horas.

TABELA 23 - CONDUTIVIDADE ( $\mu\text{S cm}^{-2}$ )

Amostra	Data Alimentação	Água Bruta (0h)	Data Coleta 1	Após 12h	Data Coleta 2	Após 36h
1	29/04/2019	607,5	30/04/2019	423,5	01/05/2019	526,5
2	02/05/2019	531,1	03/05/2019	400,9	04/05/2019	431,8
3	05/05/2019	303,2	06/05/2019	214,2	07/05/2019	278,6
4	08/05/2019	543,9	09/05/2019	308,6	10/05/2019	340,9
5	11/05/2019	330,8	12/05/2019	226,3	13/05/2019	278,6
6	14/05/2019	626,5	15/05/2019	369,0	16/05/2019	445,0

FONTE: Autora (2019)

TABELA 24 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 12 h NA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-2}$ ) - Comparativo após 12h				
Amostra	Água Bruta (0h)	Após 12h	Diferença	Efeito
1	607,5	423,5	184	Redução
2	531,1	400,9	130,2	Redução
3	303,2	214,2	89	Redução
4	543,9	308,6	235,3	Redução
5	330,8	226,3	104,5	Redução
6	626,5	369	257,5	Redução

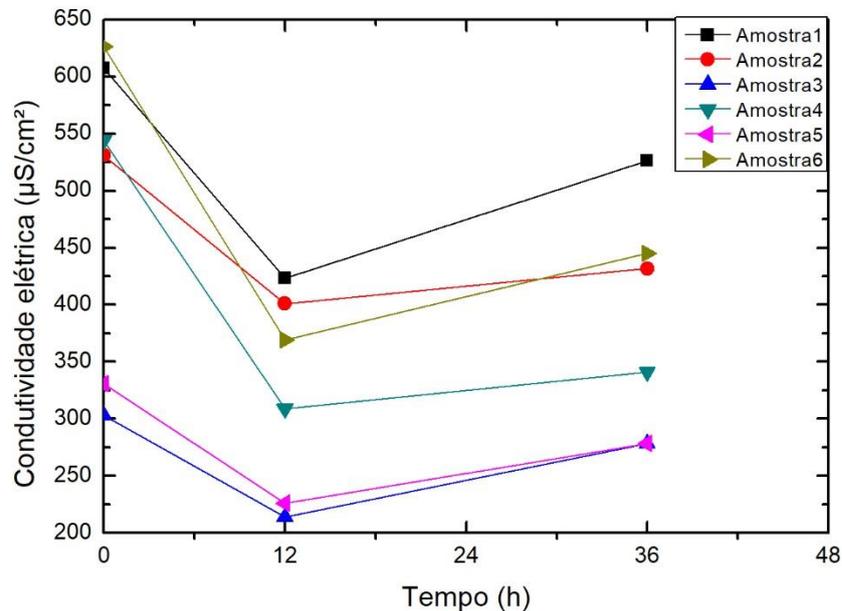
FONTE: Autora (2019)

TABELA 25 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 36 h NA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-2}$ ) - Comparativo após 36h				
Amostra	Água Bruta (0h)	Após 36h	Diferença	Efeito
1	607,5	526,5	81	Redução
2	531,1	431,8	99,3	Redução
3	303,2	278,6	24,6	Redução
4	543,9	340,9	203	Redução
5	330,8	278,6	52,2	Redução
6	626,5	445	181,5	Redução

FONTE: Autora (2019)

GRÁFICO 6 - VARIAÇÃO DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NAS AMOSTRAS



FONTE: Autora (2019)

Na Tabela 8 que apresenta as características químicas da fibra de coco, seu valor de condutividade é de  $2,15 \text{ mS cm}^{-1}$ , um valor alto, que pode estar relacionado com o fator de quanto mais tempo a água cinza fica em contato com o coco, o sistema tende a entrar em equilíbrio e a condutividade então tende a aumentar, como aconteceu com as amostras de 36 horas de retenção.

Araújo (2017) encontrou valores de condutividade elétrica para efluente bruto de uma lavanderia entre  $576,4$  e  $1.068,0 \text{ µS cm}^{-1}$ , utilizando em suas análises uma amostra com condutividade de  $780,2 \text{ µS cm}^{-1}$ , e após o tratamento por Coagulação/Floculação/Flotação por ar dissolvido, obteve valores entre  $620,7$  e  $625,1$ , o que representa uma redução de  $20,44 \%$ . Neste trabalho os valores de condutividade da amostra bruta foram semelhantes aos de Araújo (2017) e a maior redução obtida foi para a amostra 6 de 12 horas, com  $41,10 \%$ . O que mostra que para este parâmetro o uso da casca de coco tem boa eficiência de redução.

## 5.5 ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PARA pH

O pH se manteve um pouco mais ácido após o contato com o coco.

TABELA 26 - pH

Amostra	Data Alimentação	Água Bruta (0h)	Data Coleta 1	Após 12h	Data Coleta 2	Após 36h
1	29/04/2019	7,20	30/04/2019	5,92	01/05/2019	5,48
2	02/05/2019	7,36	03/05/2019	6,07	04/05/2019	5,49
3	05/05/2019	7,27	06/05/2019	5,76	07/05/2019	5,68
4	08/05/2019	8,49	09/05/2019	6,56	10/05/2019	6,29
5	11/05/2019	7,21	12/05/2019	6,10	13/05/2019	5,81
6	14/05/2019	8,43	15/05/2019	6,76	16/05/2019	6,53

FONTE: Autora (2019)

TABELA 27 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 12 h NO pH

pH - Comparativo após 12 h				
Amostra	Água Bruta (0h)	Após 12h	Diferença	Efeito
1	7,2	5,92	1,28	Redução
2	7,36	6,07	1,29	Redução
3	7,27	5,76	1,51	Redução
4	8,49	6,56	1,93	Redução
5	7,21	6,1	1,11	Redução
6	8,43	6,76	1,67	Redução

FONTE: Autora (2019)

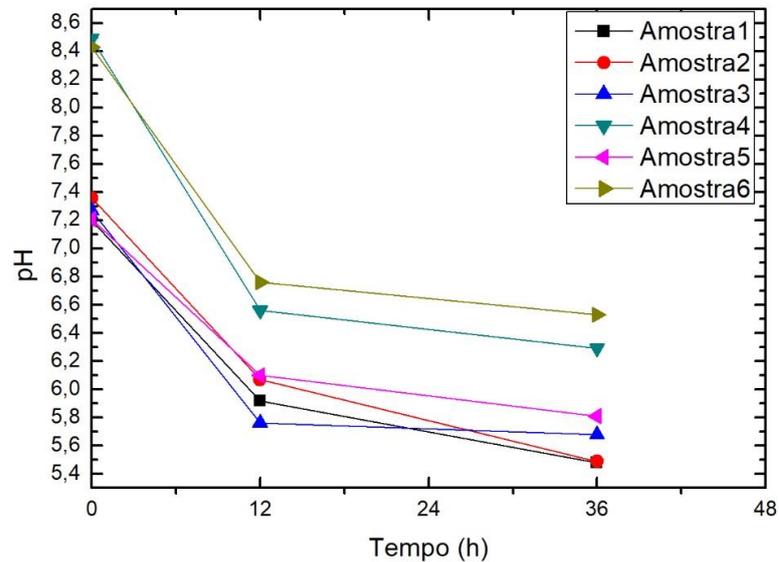
TABELA 28 - EFEITO DE RETENÇÃO DE 36 h NO pH

pH - Comparativo após 36 h				
Amostra	Água Bruta (0h)	Após 36h	Diferença	Efeito
1	7,2	5,48	1,72	Redução
2	7,36	5,49	1,87	Redução
3	7,27	5,68	1,59	Redução
4	8,49	6,29	2,2	Redução
5	7,21	5,81	1,4	Redução
6	8,43	6,53	1,9	Redução

FONTE: Autora (2019)

O gráfico 7 apresenta de forma mais explícita os resultados obtidos para este parâmetro.

GRÁFICO 7 - VARIAÇÃO DE pH NAS AMOSTRAS



FONTE: Autora (2019)

Este parâmetro, assim como a condutividade, pode estar associado ao equilíbrio do sistema, já que a fibra de coco apresenta o valor de 5,00 para o pH, e em todas as amostras o valor decaiu com o passar do tempo. A composição do sabão pode apresentar cloro, visto que possui branqueador, o que contribuiria para a acidificação do meio, porém isto não pode ser afirmado, pois esta substância não é claramente descrita entre as substâncias presentes no sabão.

## 5.6 ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PARA FÓSFORO TOTAL

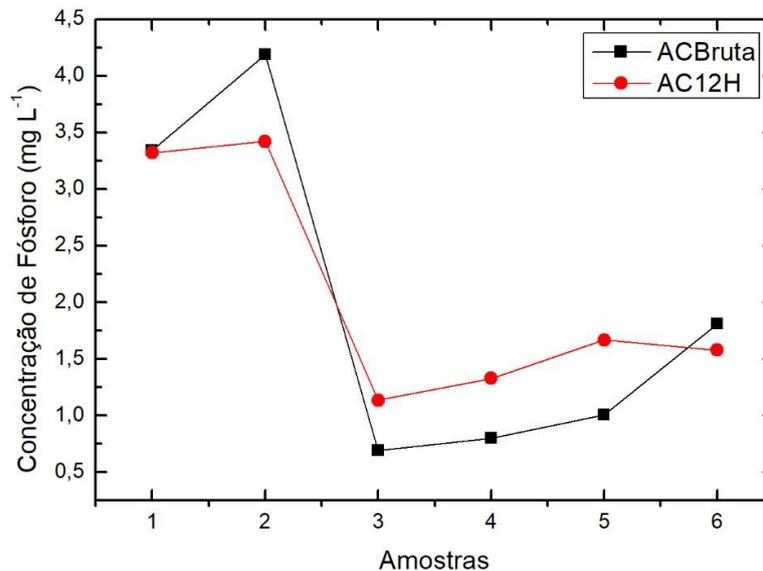
As concentrações de fósforo apresentaram decaimento apenas em 3 casos, como mostra a tabela 29 e pode ser melhor visualizado no gráfico 28, para as amostras 1, 2 e 6, onde a amostra 2 obteve maior redução (17,04%).

TABELA 29 - CONCENTRAÇÃO E REDUÇÃO DE FÓSFORO TOTAL

Amostras	1	2	3	4	5	6
Amostras (0h)	3,08	3,99	0,13	0,22	0,49	1,44
Amostras (12h)	3,07	3,31	0,86	1,07	1,29	1,34
Diferença	0,01	0,67	-0,73	-0,85	-0,80	0,10
Efeito	Redução	Redução	Aumento	Aumento	Aumento	Redução

FONTE: Autora (2019)

GRÁFICO 8 - CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO DAS AMOSTRAS



FONTE: Autora (2019)

A redução de fósforo pelo coco neste trabalho não pode ser definida de ocorre por adsorção, filtração ou absorção, visto que para se definir que processo ocorre seriam necessários maiores estudos relativos a características físicas do material, como por exemplo para saber se o principal processo seria o de adsorção, sua porosidade, segundo Reis (2013) a quantidade de poros sobre a superfície do material influencia proporcionalmente no aumento de área superficial, logo maior capacidade de adsorção. Levando esse fator em consideração a baixa redução de fósforo pode ser atribuída a forma como o coco foi cortado o que não possibilitou que tivesse uma maior superfície de contato.

Os valores de concentração de fósforo obtidos nas amostras são superiores aos encontrados em outros estudos que utilizaram efluente de máquina de lavar roupas. Os resultados obtidos não sugerem que o coco tenha boa eficiência para remoção de fósforo, porém é necessário que se façam outras variações com o material utilizado, como por exemplo utilizar somente sua fibra, ou cortá-lo em pedaços menores, pode-se também promover agitação do meio, outro fator importante seria avaliar em intervalos de retenção maiores se há diferença significativa de redução.

## 6. CONCLUSÃO

O tratamento proposto pode ser facilmente reproduzido por qualquer pessoa, visto sua simplicidade de montagem e operação.

O coco demonstrou ser uma alternativa viável para redução de cor, turbidez e condutividade elétrica de água cinza, porém não obteve bons resultados para os demais parâmetros estudados neste trabalho. Após o intervalo de 12 horas o coco já não apresenta boa eficiência de melhoria dos parâmetros abordados, o que pode ser atribuído a degradação da matéria orgânica.

Houve dificuldade em se comparar os resultados obtidos com o estudo e dados da literatura, visto que são poucos os trabalhos que tem como fonte de água cinza somente máquina de lavar roupas e os valores encontrados principalmente para a concentração de fósforo total são cerca de dez vezes mais baixos do que os obtidos por este trabalho.

A preparação do coco para ser utilizado como material adsorvente não apresenta nenhuma dificuldade, porém o material apresenta rápida degradação, o que pode ocasionar odor e atração de insetos.

Este estudo demonstrou que o coco pode ser utilizado como pré tratamento ou até mesmo combinação com outros materiais para tratamento de efluentes e que merece maiores estudos a fim de conhecer melhor suas propriedades para usos desta natureza.

### **Sugestão para trabalhos futuros**

- Analisar o comportamento dos parâmetros apresentados neste trabalho, variando a forma física da casca de coco, utilizando diferentes formas de corte e somente sua fibra.
- Realizar medidas de OD in loco para se investigar melhor o comportamento deste parâmetro.
- Analisar qual processo ocorre neste tipo de tratamento: filtração, adsorção ou absorção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, 2017

ARAÚJO, A. P. C. S. **Tratamento de efluentes de lavagem de ônibus e de lavanderia por flotação por ar dissolvido e filtração visando o reúso de água**. 2017. Dissertação de mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017.

AZEVEDO et al, B. S. **Utilização da fibra da casca de coco verde como suporte para a formação de biofilme visando o tratamento de efluentes**. Rio de Janeiro: Série Tecnologia Ambiental - CETEM/MCT, 2008.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

CARDOSO, J. M. **AVALIAÇÃO DA FIBRA DE COCO (mesocarpo do fruto de Cocos nucifera L.) COMO ADSORVENTE PARA REMOÇÃO DO AGROTÓXICO PARATIONA METÉLICA DE MEIO AQUOSO**. Catalão - GO: Universidade Federal de Goiás - UFG, 2017.

CARMO, R. L., DAGNINO, R. d., & JOHANSEN, I. C. **Transição demográfica e transição do consumo urbano de água no Brasil**. Revista Brasileira de Estudos de População, 169-190, 2014.

CINTRA, T. S. **Tratamento de água cinza clara de edifício comercial por flotação por ar dissolvido para reúso em descargas de bacias sanitárias**. Curitiba: 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná, 2019.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Resolução nº 54 de 28/11/2005.

EMBRAPA. (2016). **BENEFICIAMENTO DA CASCA DE COCO VERDE**. Disponível em: <[http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo\\_3830.pdf](http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_3830.pdf)>. Acesso em: 09 jun. 2018.

EOS. EOS - Organização e Sistemas Ltda. Disponível em: <<http://www.eosconsultores.com.br/tratamento-de-efluentes/>>. Acesso em: 14 de Junho de 2018.

EPA, U. E. **Guidelines for Water Reuse**. Washington, D.C., 2012.

FIESP. **Conservação e Reúso da água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

GROSS, A., MAIMON, A., ALFIYA, Y., & FRIEDLER, E. **Greywater Reuse**. Boca Raton: CRC Press, 2015.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.

LO MONACO et al, P. A. **DESEMPENHO DE FILTROS CONSTITUÍDOS POR FIBRAS DE COCO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE SUINOCULTURA**. REVENG - Engenharia na Agricultura, 473-480, 2009.

MONTEIRO, R. C. M. **Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo "wetlands" para tratamento de água cinza visando o reúso não potável**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Dissertação de mestrado, 2009.

REIS, Danielle Cristina Neves da Silveira Pessôa. **Importância do Estudo da Área Superficial Específica e Porosidade do Estearato de Magnésio para o Setor Farmacêutico**, Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2013, 17 p. Monografia (Especialização) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2013.

SUASSUNA, R. D. **Tratamento aeróbio de esgoto sanitário utilizando-se casca de coco seco (CocosnuciferaL.) como meio suporte de filtros biológicos**. I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2010.

TOSCANI, D. C. **AVALIAÇÃO E APLICAÇÃO DE SIMULAÇÕES MATEMÁTICAS PARA DEFINIÇÃO DE REGIME HIDRÁULICO E CONSTANTES CINÉTICAS DE REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM REATORES DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO**. Curitiba: Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental - UFPR, 2010.

TUCCI, C. E. **Água no meio urbano**. Em *Água doce* (pp. 1-40). Rio Grande do Sul, 1997.

TUNDISI, J. G. **Recursos Hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

VALENTE et al., J. P. S. **Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP**. Eclet. Quím. vol.22 São Paulo 1997.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 1995.