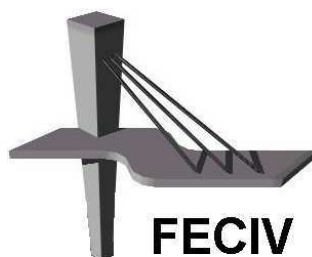


DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**INFLUÊNCIA DE PRODUTOS DE HIGIENE
PESSOAL E LIMPEZA NA CONCENTRAÇÃO DE
SÓLIDOS TOTAIS, DBO, DQO, NITROGÊNIO
TOTAL E FÓSFORO TOTAL DO ESGOTO
DOMÉSTICO**

AUGUSTO SEVERO MARTINS



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Augusto Severo Martins

**INFLUÊNCIA DE PRODUTOS DE HIGIENE PESSOAL
E LIMPEZA NA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS
TOTAIS, DBO, DQO, NITROGÊNIO TOTAL E FÓSFORO
TOTAL DO ESGOTO DOMÉSTICO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador

Uberlândia, 07 de Março de 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

- M386
2018
- Martins, Augusto Severo, 1991-
Influência de produtos de higiene pessoal e limpeza na concentração de sólidos totais, DBO, DQO, nitrogênio total e fósforo total do esgoto doméstico / Augusto Severo Martins. - 2018.
68 f. : il.
- Orientador: Nemésio Neves Batista Salvador.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.1148>
Inclui bibliografia.
1. Engenharia civil - Teses. 2. Esgotos - Tratamento - Teses. 3. Produtos de limpeza - Teses. 4. Água - Qualidade - Uberlândia (MG) - Teses. I. Salvador, Nemésio Neves Batista. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGEC

ATA Nº: 201/2018

CANDIDATO: Augusto Severo Martins

Nº. Matrícula: 11612ECV003

ORIENTADOR: Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador

TÍTULO: "Influência de produtos de higiene pessoal e limpeza na qualidade de esgoto doméstico."

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia Urbana, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

LINHA DE PESQUISA: Recursos Hídricos e Saneamento

PROJETO DE PESQUISA: Infraestrutura Urbana

DATA DA DEFESA: 07 de março de 2018

LOCAL: Sala de Projeções Prof. Celso Franco de Gouvêa, bloco 1Y.

HORÁRIO INÍCIO/TÉRMINO: 14:10/17:15h

Reuniu-se na **Sala de Projeções Prof. Celso Franco de Gouvêa, bloco 1Y - Campus Santa Mônica** da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do PPGEC, assim composta pelos Professores Doutores: **Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira; André Luiz de Oliveira e Nemésio Neves Batista Salvador**, orientador da candidata. Ressalta-se que todos os membros da banca e o aluno participaram in loco.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa **Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador** apresentou a Comissão Examinadora e concedeu ao discente a palavra para a exposição do trabalho. A seguir, o senhor presidente concedeu a palavra aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais. Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o candidato **APROVADO**. Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU. Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos e foi lavrada a presente ata que após lida e aprovada foi assinada pela Banca Examinadora.

Professor Orientador: **Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador – FECIV/UFU**

Membro externo: **Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira – DECIV/UFSCar**

Membro interno: **Prof. Dr. André Luiz de Oliveira – FECIV/UFU**

Uberlândia, 07 de março de 2018.

Aos meus pais e meu irmão.

Minha noiva Daniela.

Meus colegas Ana e Diego, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pela força de vontade e proteção durante esses dois anos de dedicação ao curso e inúmeros quilômetros rodados.

Agradeço aos meus pais que nunca mediram esforços nem recursos para me garantir uma excelente educação. Ao meu irmão pelo companherismo e apoio de sempre.

Agradeço à minha noiva Daniela pelo amor, carinho e apoio.

Agradeço às famílias Severo e Martins, especialmente à Marcella e Ednaldo, que foram fundamentais no ponto de partida, e à Letícia, Aires e Helen, igualmente importantes para a finalização deste trabalho.

Agradeço à República Aucatéia, especialmente ao Rodrigo, que se mostrou um grande amigo e às novas amizades, Patrick e restante do pessoal.

Agradeço aos estimados amigos Ana, Luizão e Diego, colegas, companheiros de estrada, suporte e motivadores.

Agradeço à FECIV, professores, técnicos e colegas, especialmente ao meu orientador Nemésio e à Aline, essenciais para o trabalho.

Agradeço o pessoal da UFU Patos de Minas e da Unipam, pelos espaços e materiais cedidos para a execução dos ensaios.

RESUMO

Devido ao alto consumo de produtos de higiene pessoal e limpeza, quantificar a influência desses produtos na qualidade do esgoto doméstico pode contribuir para a preservação dos corpos hídricos. Grande parte do esgoto doméstico é lançado no ambiente sem nenhuma forma de tratamento. Já quando passam pela estação de tratamento, uma alta concentração nos parâmetros de qualidade eleva o custo e a dificuldade de tratamento desse efluente. O objetivo deste trabalho é avaliar a contribuição da quantidade utilizada de creme dentais, xampus, detergentes líquidos, detergentes em pó e amaciantes de roupas concentrado para a carga orgânica do esgoto através de uma análise experimental de soluções produzidas com tais produtos. Foram produzidas soluções com água destilada, baseando-se na quantidade utilizada diária de produtos e no volume per capita diário de esgoto da cidade de Uberlândia – MG. A quantidade de produto utilizada na produção das soluções foi variada em função do consumo diário recomendado. Com isso foram analisados os parâmetros Sólidos Totais, DBO, DQO, Nitrogênio total e Fósforo total. As análises permitiram avaliar se somente os produtos contribuem para os parâmetros considerados e se a quantidade de produto utilizado interfere diretamente. Para essa verificação buscou-se valores de concentrações médias no esgoto doméstico e na água residuária dos pontos de utilização dos produtos, em literatura nacional e internacional, e foram feitas comparações. A quantidade de produto é diretamente proporcional à alteração dos parâmetros analisados. A soma das contribuições dos cinco produtos analisados representou 12,34% dos ST, 20,05% da DQO, 0,17% de N_{total} e 0,49% de P_{total} em relação às concentrações médias reportadas em literatura para o esgoto doméstico.

Palavras-chave: Esgoto doméstico. Matéria orgânica. Produtos de higiene pessoal e limpeza. Qualidade da água.

ABSTRACT

Due to the high consumption of personal care and cleaning products, quantifying the influence of these products on the quality of domestic sewage can contribute to the preservation of water bodies. Part of the domestic sewage is released into the environment without any form of treatment. As they pass through the treatment plant, a high concentration of pollutants raises the cost and difficulty of treating this effluent. The objective of this study is to evaluate the contribution of the amount used of dental cream, shampoos, liquid detergents, powder detergents and concentrated softeners for the sewage organic load through an experimental analysis of solutions produced with such products. Distilled water solutions were produced, based on the daily quantity of products used and daily per capita volume of sewage from the city of Uberlândia - MG. The amount of product used in the production of the solutions was varied according to the recommended daily consumption. The parameters TS, BOD, COD, Total Nitrogen and Total Phosphorus were analyzed. The tests allowed to evaluate if only the products contribute to the considered parameters and if the quantity of product used interferes directly. For this verification, mean values of domestic sewage and wastewater from the points of use of the products were searched in national and international literature, and comparisons were made. The quantity of product is directly proportional to the alteration of the analyzed parameters. The sum of the contributions of the five products analyzed represented 12.34% of TS, 20.05% of COD, 0.17% of N_{total} and 0.49% of P_{total} in relation to the average concentrations reported in the literature for domestic sewage.

Keywords: Domestic sewage - Organic matter – Personal care and cleaning products - Water quality.

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIPLA	Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Limpeza e Afins
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAS	Associação Brasileira de Supermercados
ABS	alquil-benzeno-sulfonado
CMC	Concentração Micelar Crítica
COT	Carbono Orgânico Total
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAS	linear-alquil-sulfonado
SDF	Sólidos Totais Dissolvidos Fixos
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SFT	Sólidos Fixos Totais
SST	Sólidos Suspensos Totais
ST	Sólidos Totais
SVT	Sólidos Voláteis Totais
SVS	Sólidos Voláteis Suspensos
SVD	Sólidos Voláteis Dissolvidos
OD	Oxigênio Dissolvido

FIGURAS, QUADROS E TABELAS

FIGURAS

Figura 1 – Concentração de sólidos totais nas amostras produzidas com creme dental. ...	45
Figura 2 – Concentração de sólidos totais nas amostras produzidas com xampu.....	46
Figura 3 – Concentração de sólidos totais nas amostras produzidas com detergente líquido.	47
Figura 4 – Concentração de sólidos totais nas amostras produzidas com detergente em pó.	48
Figura 5 – Concentração de sólidos totais nas amostras produzidas com amaciante.....	50
Figura 6 – Concentração de DQO nas amostras produzidas com creme dental.....	51
Figura 7 – Concentração de DQO nas amostras produzidas com xampu.	53
Figura 8 – Concentração de DQO nas amostras produzidas com detergente líquido.	54
Figura 9 – Concentração de DQO nas amostras produzidas com detergente em pó.....	55
Figura 10 – Concentração de DQO nas amostras produzidas com amaciante.....	56
Figura 11 – Concentração de Nitrogênio total nas amostras produzidas com creme dental.	57
Figura 12 – Concentração de Nitrogênio total nas amostras produzidas com xampu.....	58
Figura 13 – Concentração de Nitrogênio total nas amostras produzidas com detergente líquido.....	59
Figura 14 – Concentração de Nitrogênio total nas amostras produzidas com detergente em pó.	60
Figura 15 – Concentração de Fósforo total nas amostras produzidas com creme dental...	62

QUADROS

Quadro 1 – Composição dos esgotos domésticos.	18
Quadro 2 – Sólidos presentes no esgoto doméstico.	19
Quadro 3 – Composições das marcas de creme dental mais vendidas no Brasil, representando 96,4% do mercado nacional.	30
Quadro 4 – Composições das marcas de xampu mais vendidas no Brasil.....	31
Quadro 5 – Marcas e composições dos detergentes líquidos mais vendidos no Brasil.	32
Quadro 6 – Marcas e composições dos detergentes em pó mais vendidos no Brasil.	32
Quadro 7 – Composição das marcas de amaciante de roupas mais vendidas no Brasil. ...	33
Quadro 8 – Consumo diário per capita reportados em literatura nacional e internacional.	34
Quadro 9 – Quantidades recomendadas de uso dos produtos de higiene pessoal e limpeza.	35
Quadro 10 – Amostras produzidas e ensaiadas.....	41
Quadro 11 – Ensaios realizados e referências utilizadas.....	42

TABELAS

Tabela 1 – Concentrações médias dos tipos de sólidos presentes no esgoto doméstico bruto.....	20
Tabela 2 – Valores médios de DBO_5 e DBO_{ult} para o esgoto doméstico bruto.....	22
Tabela 3 – Valores médios de DQO para o esgoto doméstico bruto.....	24
Tabela 4 – Concentrações médias das formas de nitrogênio encontradas no esgoto doméstico bruto.	25
Tabela 5 – Concentrações médias das formas de fósforo encontradas no esgoto doméstico bruto.....	26
Tabela 6 – Caracterização da água cinza proveniente de diferentes usos.	37
Tabela 7 – Caracterização de efluente sintético e de lavagem de roupas segundo alguns parâmetros de qualidade das águas.....	38
Tabela 8 – Resultado dos parâmetros analisados (mg/L) para as soluções de cada produto em função da sua concentração (%).	44

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
INTRODUÇÃO	13
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 OBJETIVOS	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
 CAPÍTULO 2	 17
REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 ESGOTO SANITÁRIO.....	17
2.1.1 Teor de Sólidos.....	19
2.1.2 Constituintes Orgânicos.....	20
2.1.3 Nitrogênio Total	24
2.1.4 Fósforo Total	25
2.1.5 Surfactantes	26
2.2 PRODUTOS DE HIGIENE PESSOAL E LIMPEZA	28
2.2.1 Creme Dental.....	29
2.2.2 Xampu	30
2.2.3 Detergente líquido (lava louças).....	31
2.2.4 Detergente em pó.....	32
2.2.5 Amaciante de roupas	33
2.3 CONSUMO DOS PRODUTOS.....	34
2.4 CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS	35
2.5 CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS CINZAS DE ORIGEM DOMÉSTICA ..	36

CAPÍTULO 3	39
METODOLOGIA.....	39
3.1 AMOSTRAGEM	39
3.2 ENSAIOS.....	41
3.3 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS	42
 CAPÍTULO 4	 43
RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1 SÓLIDOS TOTAIS	45
4.2 DBO	51
4.3 DQO	51
4.4 NITROGÊNIO TOTAL.....	57
4.5 FÓSFORO TOTAL.....	61
 CAPÍTULO 5	 63
 CONCLUSÃO.....	 63
 REFERÊNCIAS	 65

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta uma visão geral sobre o conteúdo desenvolvido, expõe uma justificativa para a escolha do tema, aponta os objetivos gerais e específicos do trabalho e exhibe a estrutura do mesmo.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A água é utilizada como principal meio condutor de impurezas, sendo assim parte importante no esgoto sanitário, que é uma mistura de água com produtos das atividades diárias dos seres humanos. Dentre essas atividades, se encontram a higiene pessoal e lavagem de roupas e utensílios.

Como a molécula de água é polar, torna-se necessário a adição de surfactantes para promover a remoção das gorduras, que são moléculas apolares, das superfícies a serem limpas. Os surfactantes são um tipo molécula que parte possui afinidade com a água e parte com óleos, gorduras e hidrocarbonetos, possibilitando essa limpeza. “Essas características permitem que os tensoativos sejam utilizados como conciliadores dessas fases imiscíveis, formando emulsões, espumas, suspensões, microemulsões ou propiciando uma umectação, formação de filmes líquidos e detergência de superfícies” (DALTIM, 2011, p.9). Devido a essa versatilidade os surfactantes estão presentes na composição de diversos produtos como sabões, detergentes, cosméticos, óleos lubrificantes, tintas, fármacos.

A grande diversificação dos produtos de higiene pessoal e limpeza provocou um aumento no consumo e na produção. Estes produtos passaram de meros removedores de impurezas para itens com múltiplas funções devido à presença de vários aditivos,

conferindo propriedades antibactericidas, branqueantes, dentre outras. A grande variação das formulações é responsável pela deposição de compostos xenobióticos ao meio ambiente.

Como forma de reduzir essa poluição, alguns produtos mais utilizados como os detergentes, que antes não eram biodegradáveis, passaram a ser produzidos com essa característica. Entretanto o fato de ser biodegradável não impede que ocorra o aumento da concentração de poluentes no esgoto sanitário, dificultando o seu tratamento ou poluindo diretamente os corpos d'água caso não haja tratamento.

A biodegradabilidade permite que tais substâncias sejam degradadas por processos naturais, porém esses processos demandam tempo e oxigênio para a sua ocorrência. Isso reduz a quantidade de oxigênio dissolvido nos corpos hídricos, tornando-se uma forma de poluição. Além disso, alguns produtos de higiene pessoal e limpeza possuem em sua composição tipos de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, que aumentam a proliferação de algas e podem provocar a eutrofização do corpo hídrico.

1.2 JUSTIFICATIVA

Atualmente, um número crescente de países enfrentam o estresse hídrico que já envolve 2 bilhões de pessoas. A crescente degradação do meio ambiente pelas práticas humanas chegou a níveis alarmantes. Com isso, a preocupação com o futuro levou ao desenvolvimento de novas tecnologias para o tratamento e reuso da água, além da alternativa de dessalinização da água salgada. Entretanto, esses novos mecanismos, apesar de eficientes, possuem processos complexos e caros que demandam grandes investimentos.

Desse modo, o uso sustentável, a preservação dos mananciais e a não poluição continuam sendo as medidas mais viáveis para perpetuar o acesso à água potável. Com a ascensão de movimentos ambientalistas, inicia-se por volta dos anos 60 um pressão por soluções aos problemas sobre entidades oficiais internacionais, refletindo sobre os Estados. A partir daí o surgimento de legislações específicas, a exemplo a Lei nº 9.433/1997 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, consequentemente uma pressão sobre as empresas e produtos considerados poluidores. Surgiu então a necessidade do desenvolvimento de produtos e tecnologias limpas.

Os produtos de higiene pessoal e limpeza são contribuintes diretos para a alteração da qualidade das águas. A quantificação dessa mudança é importante para propor uma

redução no consumo de tais produtos e até mesmo para o desenvolvimento de novos produtos menos poluentes.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é verificar se a quantidade utilizada de produtos de higiene pessoal e limpeza contribuem significativamente para os parâmetros Sólidos totais, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, nitrogênio total e fósforo total.

Como objetivos específicos para se alcançar o objetivo geral:

- Analisar a composição básica, e consumo diário e as recomendações de uso dos produtos: creme dental, xampu, detergente líquido, detergente em pó e amaciante de roupas concentrado;
- Avaliar alguns parâmetros de qualidade (ST, DBO, DQO, N total e P total) de soluções produzidas com diferentes concentrações de tais produtos, baseando-se na quantidade recomendada de consumo;
- Comparar os resultados encontrados para as soluções, produzidas neste estudo, com valores reportados em literatura nacional e internacional da qualidade do esgoto doméstico e águas cinzas para os parâmetros estudados.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é constituído de cinco capítulos, organizados da seguinte maneira:

- Capítulo 1: apresenta uma introdução a respeito do trabalho.
- Capítulo 2: é realizada uma revisão na literatura nacional e internacional, buscando definir os parâmetros utilizados no trabalho, classificar o esgoto doméstico e apresentar valores de consumo dos produtos analisados.
- Capítulo 3: é composto pela metodologia adotada neste trabalho, definindo a amostragem, os ensaios realizados e o tratamento dos dados obtidos.
- Capítulo 4: referente aos resultados encontrados nos ensaios, expõe uma discussão dos resultados, confrontando-os com as caracterizações do esgoto doméstico encontradas em literatura nacional e internacional.
- Capítulo 5: conclusão do trabalho.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo são apresentadas as definições e concentrações médias do esgoto doméstico para os parâmetros analisados. Assim como os produtos de higiene pessoal e limpeza estudados, suas composições, quantidades recomendadas/consumidas e uma caracterização das águas cinzas de origem doméstica. As informações apresentadas foram buscadas em literatura nacional e internacional.

2.1 ESGOTO SANITÁRIO

A norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986, p.1) apresenta como definição de esgoto sanitário, “o despejo líquido constituído de esgotos domésticos e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. Alguns autores discutidos a seguir, tratam o esgoto sanitário como sinônimo de esgoto doméstico, o que difere parcialmente da definição apresentada pela norma.

Jordão e Pessôa (2011) afirmam que a palavra esgoto era utilizada para definir tanto a tubulação condutora como também o próprio líquido que é conduzido. Hoje, além da palavra ser utilizada somente para descrever os despejos provenientes de alguns usos da água, os autores afirmam que uma aversão a ela, considerada injustificada por eles, levou ao emprego por vários autores do termo “águas residuárias”.

Esgoto é essencialmente a água após o uso em suas várias aplicações, que agora contém contaminantes que a tornam imprópria para o consumo sem um tratamento adequado. Com o acúmulo dessa água, ocorre a produção de gases que geram mal cheiro, proliferação de patogênicos, os nutrientes que fazem parte de sua composição favorecem o

crescimento de plantas aquáticas e alguns outros componentes podem ser potencialmente cancerígenos. Portanto, o tratamento, reuso e a disposição são questões de saúde pública (METCALF & EDDY; AECOM, 2014).

A classificação dos esgotos é comumente feita em dois grupos principais: esgotos domésticos e os industriais. Os primeiros, são compostos por despejos domésticos, águas pluviais, águas de infiltração e eventualmente por pequenas parcelas de despejos industriais com características bem definidas. São provenientes de atividades diárias, domésticas e comerciais, devido a utilização de banheiros, cozinhas, lavanderias. Sua constituição é basicamente águas de banhos, urina, fezes, papéis, sabão, restos de comida, detergentes, águas de lavagem. Já os esgotos industriais, são advindos de qualquer utilização industrial das águas, e possuem uma grande variedade de características em função da atividade desenvolvida (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

A geração do esgoto doméstico ocorre mediante a utilização da água de abastecimento. Em vista disso seu volume está relacionado com a quantidade de água consumida. Esta é quantificada pela taxa de consumo per capita, que gira em torno de 200 L/hab.dia e tem relação direta com os costumes e hábitos de cada localidade, além da disponibilidade hídrica. Como a taxa per capita inclui pequenas indústrias localizadas na malha urbana, a taxa individual de esgoto é menor que a de consumo de água (ARAÚJO, 2011).

Devido à grande variedade de constituintes, normalmente os esgotos são caracterizados em função das suas propriedades físicas, químicas e biológicas (METCALF & EDDY; AECOM, 2014). Nuvolari (2011) afirma que, em média, o esgoto sanitário é composto por 99,9% de água, 0,1% de sólidos, sendo 75% desses sólidos matéria orgânica em decomposição. O autor ainda apresenta o Quadro 1, descrevendo os principais constituintes desse esgoto doméstico.

Quadro 1 – Composição dos esgotos domésticos.

Tipo de substâncias	Origem	Observações
Sabões	Lavagem de louças e roupas	
Detergentes (biodegradáveis ou não)	Lavagem de louças e roupas	A maioria dos detergentes contém o nutriente fósforo na forma de polifosfato.
Cloreto de sódio	Cozinha e urina humana	Cada ser humano elimina pela urina de 7 a 15 gramas/dia
Fosfatos	Detergentes e urina humana	Cada ser humano elimina, em média, pela urina 1,5 gramas/dias

Tipo de substâncias	Origem	Observações
Sulfatos	Urina humana	
Carbonatos	Urina humana	
Ureia, amoníaco e ácido úrico	Urina humana	Cada ser humano elimina de 14 a 42 gramas de ureia por dia
Gorduras	Cozinha e fezes humana	
Substâncias córneas, ligamentos da carne e fibras vegetais não digeridas	Fezes humana	Vão se constituir na matéria orgânica em decomposição, encontrada nos esgotos
Porções de amido (glicogênio, glicose) e de proteicos (aminoácidos, proteínas, albumina)	Fezes humana	Idem
Urobilina, pigmentos hepáticos	Urina humana	Idem
Mucos, células de descamação epitelial	Fezes humana	Idem
Vermes, bactérias, vírus, leveduras, etc.	Fezes humana	Idem
Outros materiais e substâncias: areia, plásticos, cabelos, sementes, fetos, madeira, absorventes femininos, etc.	Areia: infiltrações nas redes de coleta, águas pluviais, banhos. Demais substâncias: lançadas no vaso sanitário.	
Água		99,9%

Fonte: Nuvolari (2011).

Nos itens seguintes serão abordados os parâmetros de maior relevância para este trabalho.

2.1.1 Teor de Sólidos

Os sólidos representam um grande problema devido ao volume separado e acumulado na estação de tratamento, além da difícil destinação final, gerando possíveis transtornos ambientais (JORDÃO; PESSÔA, 2011). Os sólidos fazem parte das características físicas do esgoto, o Quadro 2 apresenta a subdivisão e a definição de cada tipo desse grupo e a Tabela 1 fornece as concentrações médias no esgoto bruto.

Quadro 2 – Sólidos presentes no esgoto doméstico.

Parâmetro	Abreviação/ Definição	Uso ou significado dos resultados de testes
PROPRIEDADES FÍSICAS		
Sólidos Totais	ST	O resíduo restante após evaporação a 103°C.
Sólidos Voláteis Totais	SVT	Sólidos que se volatilizam a uma temperatura de 500 ± 50°C.

Parâmetro	Abreviação/ Definição	Uso ou significado dos resultados de testes
PROPRIEDADES FÍSICAS		
Sólidos Fixos Totais	SFT	O resíduo após a volatilização dos SVT.
Sólidos Suspensos Totais	SST	Parcela dos ST retida em filtro poroso, medida após evaporação a 103°C.
Sólidos Voláteis Suspensos	SVS	Parcela dos SST que se volatilizam a uma temperatura de 500 ± 50°C.
Sólidos Fixos Suspensos	SFS	Resíduo após a volatilização dos SST.
Sólidos Dissolvidos Totais	SDT (TS-TSS)	Parcela que passa no filtro poroso medida após evaporação a 103°C.
Sólidos Voláteis Dissolvidos	SVD	Parcela dos SDT volatilizada a uma temperatura de 500 ± 50°C.
Sólidos Totais Dissolvidos Fixos	SDF	Resíduo após a volatilização do SDT.
Sólidos Sedimentáveis		Sólidos suspensos, expressos em mL/L que sedimentam em um período de tempo específico.

Fonte: Adaptado de Metcalf & Eddy e AECOM (2014) apud Standard Methods (2012).

Tabela 1 – Concentrações médias dos tipos de sólidos presentes no esgoto doméstico bruto.

Matéria Sólida	Contribuição per capita (g/hab.d)		Concentração		
	Faixa	Típico	Unidade	Faixa	Típico
Sólidos Totais	120 - 200	180	mg/L	700 - 1350	1100
Suspensos	35 - 70	60	mg/L	200 - 450	350
Fixos	7 - 14	10	mg/L	40 - 100	80
Voláteis	25 - 80	50	mg/L	165 - 350	320
Dissolvidos	85 - 160	120	mg/L	600 - 900	700
Fixos	60 - 90	70	mg/L	300 - 550	400
Voláteis	35 - 50	50	mg/L	200 - 350	300
Sedimentáveis	-	-	mL/L	10 - 20	15

Fonte: Adaptado de Metcalf & Eddy e AECOM (2014), von Sperling (2014), Jordão e Pessoa (2011).

Jordão e Pessoa (2011) afirmam que existe um esforço por parte de algumas entidades governamentais para padronizar e designar termos mais representativos nas determinações de cada tipo de matéria sólida. Dessa forma, a tendência é estabelecer uma relação na terminologia, sendo os Sólidos em Suspensão os resíduos não filtráveis; os Sólidos Dissolvidos os resíduos filtráveis; e Sólidos Totais os resíduos totais.

2.1.2 Constituintes Orgânicos

Segundo Jordão e Pessoa (2011), dentre as características químicas, existe uma subdivisão dos sólidos presentes nos esgotos domésticos em matéria orgânica (70%) e matéria inorgânica (30%). Normalmente os constituintes orgânicos presentes no esgoto são uma combinação de carbono, hidrogênio, oxigênio e em alguns casos nitrogênio. A matéria orgânica consiste em proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 50%) e óleos e gorduras (8 a 12%). Além disso, pode-se elencar as moléculas sintéticas proveniente de remédios, produtos de higiene pessoal e limpeza e produtos de manutenção. (METCALF & EDDY; AECOM, 2014).

Nuvolari (2011) afirma que os corpos d'água não poluídos por matéria orgânica possuem uma certa quantidade de oxigênio dissolvido (OD), e a sobrevivência de peixes e outros animais aquáticos está relacionada à essa concentração. “A quantidade de oxigênio dissolvido presente nos corpos d'água é diretamente proporcional à pressão atmosférica e inversamente proporcional à temperatura” (NUVOLARI, 2011, p.192).

Essa quantidade de oxigênio dissolvido na água é afetada por poluentes orgânicos biodegradáveis lançados no corpo receptor. Ao lançar-se esgoto doméstico nos rio e lagos, os compostos biodegradáveis presentes neste sofrem degradação pelas bactérias originalmente presentes na água, consumindo assim o oxigênio dissolvido, que mesmo em águas límpidas se encontra em baixas concentrações, cerca de 9,0 mgO₂/L a 20°C (SANT'ANNA JR., 2013).

Sant'Anna Jr. (2013) afirma ainda que a variação de concentração desse oxigênio ocorre de duas maneiras: (1) o consumo desse oxigênio pelos microrganismos decompositores, que em função da abundância de matéria orgânica, multiplicam-se rapidamente e a degradam e (2) a reaeração natural que ocorre ao longo do rio devido ao gradiente de concentração entre o ar e a água.

Uma forma indireta de medir a matéria orgânica presente na água é através da Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) e da Demanda Química de Oxigênio (DQO). Ambas representam a quantidade de oxigênio necessária para consumir a matéria orgânica presente.

2.1.2.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio

Demanda bioquímica de oxigênio “é a quantidade de oxigênio requerida por microrganismos (predominantemente bactérias) para oxidar os compostos presentes na amostra. A DBO é geralmente expressa em mg de oxigênio/L” (SANT’ANNA JR., 2013, p.41)

O parâmetro mais utilizado para a determinação da quantidade de matéria orgânica presente tanto no esgoto quanto em corpos d’água é a DBO. Sua determinação envolve a medição da quantidade de oxigênio dissolvido usado por microrganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica em um certo período de tempo e a uma temperatura padrão (considerando o tempo de 5 dias e 20°C para comparação) (JORDÃO; PESSÔA, 2011; METCALF & EDDY; AECOM, 2014).

Segundo Jordão e Pessôa (2011), a DBO dos esgotos domésticos varia entre 100 e 400 mg/L em função do estado do esgoto. Seu processamento ocorre em dois estágios, no primeiro há a oxidação da matéria carbonácea, no segundo verifica-se uma nitrificação. A Tabela 2 apresenta alguns valores médios de DBO para o esgoto doméstico.

Tabela 2 – Valores médios de DBO_5 e DBO_{ult} para o esgoto doméstico bruto.

Matéria Orgânica	Contribuição per capita (g/hab.d)		Concentração		
	Faixa	Típico	Unidade	Faixa	Típico
DBO_5	40 - 60	50	mg/L	250 - 400	300

Fonte: Adaptado de Metcalf & Eddy e AECOM (2014), von Sperling (2014), Jordão e Pessôa (2011).

Portanto, o teste da DBO é um bioensaio que busca replicar a biodegradação dos poluentes presentes no esgoto quando lançado em corpos d’água receptores. A DBO carbonácea determina a demanda de oxigênio para a oxidação bioquímica das substâncias orgânicas. Já a nitrogenada indica a decomposição dos compostos nitrogenados (amônia, nitrito e outros), que ocorre tardiamente (SANT’ANNA JR., 2013).

Nuvolari (2011) corrobora que a determinação do primeiro estágio é padronizada pelo “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, e teve seu surgimento na Inglaterra, onde a temperatura média dos rios é de 20°C e os 5 dias seria o tempo médio necessário para os rios percorrerem a distância da nascente até o mar. Para se determinar a DBO_{total} ou DBO_{ult} (DBO final de primeiro estágio), levando em consideração outras temperaturas, utiliza-se as fórmulas:

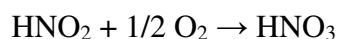
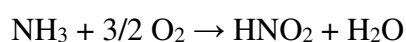
$$DBO_{5\text{dias}} = 0,68 DBO_{ult} \quad (I)$$

$$DBO_{T^{\circ}C} = DBO_{20^{\circ}C} \times k^{(T^{\circ}C - 20^{\circ}C)} \quad (II)$$

$DBO_{T^{\circ}C}$ – DBO a determinada temperatura.

k – varia de 1,056 (para temperaturas de 30°C a 20°C) a 1,035 (para temperaturas de 20°C a 4°C); geralmente o valor de 1,047 é adotado.

Segundo Jordão e Pessoa (2011), na DBO nitrogenada (segundo estágio) ocorre a oxidação da amônia a nitrito em primeiro lugar, para posterior oxidação de nitrito a nitrato.



O autor ainda afirma que para essas reações são necessários 4,33 gramas de oxigênio para a oxidação de 1,0 grama de amônia em nitrato. A nitrificação normalmente ocorre depois de cinco a oito dias, portanto após a mediação da DBO carbonácea. Entretanto se existirem bactérias nitrificantes em quantidade na amostra, o resultado da DBO_5 pode ser influenciado, mascarando o resultado da DBO carbonácea. Desse modo, o ensaio descrito pelo Standard Methods prescreve a utilização de inibidores.

2.1.2.2 Demanda Química de Oxigênio

“A Demanda Química de Oxigênio corresponde à quantidade de oxigênio necessária para oxidar a fração orgânica de uma amostra que seja oxidável pelo permanganato ou dicromato de potássio em solução ácida” (JORDÃO; PESSÔA, 2011, p.52).

Nuvolari (2011) ressalta a diferença existente entre o teste da DBO e da DQO, onde o primeiro mede o consumo de oxigênio na oxidação de compostos biodegradáveis, feita exclusivamente por microrganismos, e em determinados ambientes mede também o consumo de oxigênio devido a nitrificação. Já o segundo quantifica o consumo de oxigênio na oxidação de compostos bio e não biodegradáveis, exclusivamente química, não levando em consideração a nitrificação, indicando apenas matéria orgânica carbonácea. Por fim, o

teste da DQO não permite a medição do consumo de oxigênio ao longo do tempo, ao contrário da DBO.

Os autores ainda salientam a vantagem do teste de DQO em relação a DBO do ponto de vista operacional, onde o primeiro leva cerca de três horas para ser completo, já o segundo cinco dias ou mais (JORDÃO; PESSÔA, 2011; NUVOLARI, 2011; METCALF & EDDY; AECOM, 2014).

Jordão e Pessoa (2011) apresentam como valores médios para DQO dos esgotos domésticos valores entre 200 e 800 mg/L (Tabela 3), criando uma relação típica entre DQO/DBO para os esgotos doméstico da ordem de 1,7 a 2,5. Essa relação representa a tratabilidade dos esgotos, uma vez que baixos valores correspondem a grande presença de materiais biodegradáveis, possibilitando a aplicação de métodos biológicos de tratamento.

Tabela 3 – Valores médios de DQO para o esgoto doméstico bruto.

Matéria Orgânica	Contribuição per capita (g/hab.d)		Concentração		
	Faixa	Típico	Unidade	Faixa	Típico
DQO	80 - 120	100	mg/L	450 - 800	600

Fonte: Adaptado de Metcalf & Eddy e AECOM (2014), von Sperling (2014), Jordão e Pessoa (2011).

2.1.3 Nitrogênio Total

Os elementos nitrogênio e fósforo, conhecidos também como nutrientes ou bioestimulantes, são fundamentais para o crescimento de microrganismos, plantas e animais. As principais fontes de nitrogênio são: (1) compostos nitrogenados de origem vegetal e animal, (2) nitrato de sódio, e (3) nitrogênio presente na atmosfera (METCALF & EDDY; AECOM, 2014). A presença de nitrogênio nos esgotos se dá sobre a forma de nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

O nitrogênio orgânico faz parte das moléculas de proteínas vegetais e animais, a sua presença no corpo hídrico indica uma poluição recente por esgoto bruto. O nitrogênio amoniacal é resultado da decomposição do nitrogênio orgânico por microrganismos heterotróficos, e indica uma poluição relativamente recente. O nitrito trata-se de uma forma intermediária de curta duração resultante da oxidação da amônia (NH₃) por bactérias nitrossomas. Por fim, a forma nitrato é o produto da oxidação do nitrito por bactérias nitrobacter e caracteriza uma poluição antiga (NUVOLARI, 2011). A Tabela 4 apresenta algumas concentrações médias no esgoto doméstico.

Tabela 4 – Concentrações médias das formas de nitrogênio encontradas no esgoto doméstico bruto.

Nitrogênio	Contribuição per capita (g/hab.d)		Concentração		
	Faixa	Típico	Unidade	Faixa	Típico
Nitrogênio total	8,0 - 10,0	8,0	mgN/L	35 - 60	45
Nitrogênio orgânico	2,5 - 4,0	3,5	mgN/L	15 - 26	20
Amônia	3,5 - 8,0	4,5	mgNH ₃ -N/L	20 - 35	25
Nitrito	≈ 0	≈ 0	mgNO ₂ ⁻ -N/L	≈ 0	≈ 0
Nitrato	0,0 - 0,2	≈ 0	mgNO ₃ ⁻ -N/L	0 - 1	≈ 0

Fonte: Adaptado de Metcalf & Eddy e AECOM (2014), von Sperling (2014), Jordão e Pessoa (2011).

Jordão e Pessoa (2011) afirmam que a química do nitrogênio é complexa devido às várias formas oxidadas citadas anteriormente, e o processo de conversão de amônia a nitrato é chamado de nitrificação e ocorre em duas fases subsequentes. Esse processo, mencionado no item 2.1.2.1 (DBO), promove o consumo de oxigênio. Além disso, a presença de grandes concentrações de nitrogênio nos corpos hídricos provoca a eutrofização, que é o crescimento excessivo das algas.

2.1.4 Fósforo Total

O fósforo é essencial para o crescimento de algas, cultura agrícolas e outros organismos biológicos. Diferentemente do nitrogênio, esse nutriente não possui uma forma gasosa que pode ser descarregada na atmosfera (METCALF & EDDY; AECOM, 2014). Parte integrante do protoplasma das células, o fósforo, configura-se como elemento essencial para a síntese bacteriana (NUVOLARI, 2011).

O fósforo é encontrado na maioria dos detergentes domésticos e atualmente é o elemento mais visado no combate à eutrofização (NUVOLARI, 2011). A sua presença nos esgotos domésticos se dá na forma orgânica e inorgânica. O fósforo orgânico apreço associado à matéria orgânica (proteínas e aminoácidos), já o fósforo inorgânico se encontra na forma de ortofosfato e polifosfatos (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

Os ortofosfato (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4) estão disponíveis para o metabolismo biológico sem desagregação. Os polifosfatos incluem as moléculas com dois ou mais átomos de fósforo, átomos de oxigênio, e em alguns casos átomos de hidrogênio combinados em moléculas complexas (METCALF & EDDY; AECOM, 2014). A Tabela 5

apresenta algumas concentrações médias das formas de fósforo presentes no esgoto doméstico.

Tabela 5 – Concentrações médias das formas de fósforo encontradas no esgoto doméstico bruto.

Fósforo	Contribuição per capita (g/hab.d)		Concentração		
	Faixa	Típico	Unidade	Faixa	Típico
Fósforo total	0,7 - 2,5	1,0	mgP/L	4 - 15	7
Fósforo orgânico	0,2 - 1,0	0,3	mgP/L	1 - 6	2
Fósforo inorgânico	0,5 - 1,5	0,7	mgP/L	3 - 9	5

Fonte: Adaptado de Metcalf & Eddy e AECOM (2014), von Sperling (2014), Jordão e Pessoa (2011).

2.1.5 Surfactantes

Os surfactantes são moléculas orgânicas ligeiramente solúveis em água que provocam a formação de espuma nas estações de tratamento e nas águas superficiais onde são lançados. A variedade mais comum é conhecida como ABS (alquil-benzeno-sulfonado), próprio de detergentes sintéticos, não biodegradáveis, atualmente o seu substituto biodegradável o LAS (alquil-sulfonado-linear) vem sendo utilizado (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

Os surfactantes, quando presente em baixas concentrações em um sistema, têm a capacidade de reduzir a tensão superficial entre duas fases imiscíveis ou entre uma interface solução/ar (ROSEN; KUNJAPPU, 2012). São moléculas anfifílicas ou anfipáticas constituídas de uma parte hidrofóbica não polar, geralmente uma cadeia de hidrocarboneto ou fluorocarboneto, linear ou ramificado contendo de 8 a 18 átomos de carbono, associada a outra parte hidrófila polar ou iônica (TRADOS, 2014). De forma simplificada, os surfactantes contêm pelo menos um grupo não polar e um polar ou iônico, e essa oposição de forças em uma mesma molécula gera dois fenômenos: adsorção e agregação (KARSA, 2006).

A adsorção é a migração das moléculas do surfactante para a interface ar/água e sólido/água, e sua orientação de forma a minimizar o contato da parte hidrofóbica com a água, alterando assim as propriedades da solução na interface. De maneira semelhante, a agregação é a tentativa de minimizar o contato da parte hidrofóbica com a água, por meio da orientação das moléculas de surfactantes com a parte hidrofóbica posicionada

envolvendo os compostos apolares presentes na solução. Este processo de agregação é chamado de micelização e os agregados, micelas (KARSA, 2006).

Para cada tipo de surfactante existe um valor de concentração no qual as interfaces ar/água e sólido/água ficam completamente ocupadas por suas moléculas e o aumento dessa concentração promove a formação das micelas. Portanto, essa concentração limite é uma característica físico-química do surfactante e é chamada de concentração micelar crítica (CMC) (DALVIN, 2011).

Uma classificação simples dos surfactantes é estabelecida em função da natureza de seu grupo hidrofílico. São definidas quatro classes principais, aniônicos, catiônicos, anfóteros e não-iônicos (KARSA, 2006).

Os surfactantes aniônicos são os mais utilizados em aplicações de limpeza. Essa classe tem a capacidade de emulsionar impurezas oleosas, incluindo partículas, em soluções de lavagem, colocando-as em suspensão. Isso se deve ao fato dos surfactantes aniônicos serem negativamente carregados, e as superfícies em sua maioria serem levemente negativas, criando uma repulsão. A grande maioria dos surfactantes aniônicos tem a capacidade de gerar grande quantidade de espuma acima da sua CMC, o que é um atributo desejado nas aplicações de limpeza, porém pode restringir seu uso em aplicações onde a espuma é um problema (HIBBS, 2006).

Além disso, possuem um baixo custo de fabricação criando uma grande utilização em qualquer tipo de detergente. A fim de maximizar a detergência, a parte hidrofóbica é composta por uma cadeia linear alquil composta por 12 a 16 átomos de carbono e o grupo polar (parte hidrofílica). As cadeias lineares são preferíveis devido à sua eficácia e maior degradabilidade em comparação às cadeias ramificadas. Os grupos hidrofílicos mais utilizados são carboxilatos ($C_nH_{2n+1} COO^- X^+$), sulfatos ($C_nH_{2n+1} OSO_3^- X^+$), sulfonatos ($C_nH_{2n+1} SO_3^- X^+$) e fosfatos ($C_nH_{2n+1} OPO(OH)O^- X^+$), sendo 'n' uma variação de 8 a 16 átomos e X^+ geralmente Na^+ (TRADOS, 2014).

Ao contrário dos surfactantes aniônicos, os catiônicos são carregados positivamente, e em função dessa carga positiva são muito utilizados para impermeabilizar superfícies. Ao sofrerem a adsorção, a parte positiva é orientada em direção à superfície carregada negativamente, devido à atração eletrostática, e seu grupo hidrofóbico orientado para longe da superfície, tornando-a repelente à água (ROSEN; KUNJAPPU, 2012).

Surfactantes catiônicos, normalmente, são menos solúveis em água quando comparados com os aniônicos. Isso ocorre devido ao fato da grande maioria dos

surfactantes catiônicos, comercialmente disponíveis no Brasil, possuem em sua estrutura o nitrogênio quaternário, e tal nitrogênio é mais eletronegativo que o carbono, atraindo assim os elétrons envolvidos na ligação reduzindo a polaridade de sua região polar. A diferença de polaridade entre esses dois tipos de surfactantes faz com que suas utilizações possuam diferentes fins (DALTIM, 2011). Os surfactantes catiônicos compostos pelo nitrogênio quaternário possuem a fórmula geral $R'R''R'''R''''N^+X^-$, onde X^- é geralmente um íon cloreto e R representam grupos alquil (TRADOS, 2014).

O termo surfactantes não-iônicos se refere, normalmente, a derivados de óxido de etileno e/ou óxido de propileno com um álcool contendo um hidrogênio ativo. No entanto, outros tipos são produzidos e bastante utilizados por variada gama de indústrias, tais como alquil fenóis, ésteres de açúcar, alcanolamidas, óxidos de amina, ácidos graxos, aminas graxas e polióis (HEPWORTH, 2006).

Diferentemente dos surfactantes aniônicos e catiônicos, que possuem cargas verdadeiras, os não-iônicos apresentam concentrações de cargas em função das ligações polares das moléculas. Devido a isso, essa classe se torna menos solúvel em comparação aos surfactantes catiônicos e aniônicos, que possuem uma parte polar concentrada em poucos átomos que atraem as moléculas de água com bastante força (DALTIM, 2011).

A classe dos anfóteros é composta pelos surfactantes que são aniônicos e catiônicos ao mesmo tempo, variando conforme a faixa de pH da solução que estão presentes, de modo que a porção hidrofílica da molécula tenha neutralizado internamente as cargas negativas e positivas. Os surfactantes anfóteros clássicos são aniônicos, anfóteros e catiônicos em vários pontos do espectro de pH (OTTERSON, 2006). Os surfactantes mais comuns pertencentes a esse grupo são as N-alquil betaínas que são derivadas do trimetilglicina $(CH_3)_3NCH_2COOH$, descrita como betaína (TRADOS, 2014).

Em função da presença dos surfactantes nos produtos de higiene pessoal e limpeza, o destino imediato destes é o esgoto doméstico. Com o aumento do consumo dos produtos, ocorre um consequente aumento da presença dos surfactantes nas estações de tratamento de esgoto e meio ambiente.

2.2 PRODUTOS DE HIGIENE PESSOAL E LIMPEZA

Constituintes do esgoto doméstico, os produtos de higiene pessoal e limpeza, são produtos bastante utilizados diariamente. Estes compostos são fontes de alguns nutrientes,

matéria orgânica, sólidos e agentes citados anteriormente como, nitrogênio, fósforo e surfactantes.

O interesse na presença de produtos farmacêuticos, produtos de higiene pessoal e limpeza e drogas ilícitas no meio ambiente aumentou nas últimas décadas devido ao elevado consumo, chegando a centenas de toneladas anuais. Tais produtos invariavelmente acabam sendo descarregados nos sistemas de esgoto sanitário ou mesmo diretamente nos corpos d'água, seja através dos excrementos ou lançamento direto (GONZÁLEZ; LÓPEZ-ROLDÁN; CORTINA, 2012).

Os produtos de higiene pessoal e limpeza são compostos por um grande grupo de substâncias ativas e inativas. Com o passar dos anos, o consumo desses produtos aumentou e consequentemente aumentou a presença deles e de seus subprodutos no ambiente (JIANG; ZHOU; SHARMA, 2013).

Jiang, Zhou e Sharma (2013) ainda afirmam que parte desses metabólitos são convertidos em compostos inorgânicos inofensivos, como dióxido de carbono e água, dentro de uma estação de tratamento de esgoto e parcialmente absorvidos pela lama de sedimentação devido à sua natureza lipofílica e não biodegradável. Outros metabólitos não são removidos nas estações de tratamento de esgoto e são mais persistentes no ambiente, seja na forma original ou metabolizada (TIJANI et al., 2015). Em função da hidrofobia da maioria dos produtos de higiene pessoal e limpeza, existe um potencial para a bioacumulação, resultando em uma preocupação com a saúde humana e ambiental (HOPKINS; BLANEY, 2016).

Como este trabalho pretende analisar a contribuição de tais produtos para o esgoto doméstico, este item traz uma análise da composição das marcas mais vendidas no Brasil, segundo a Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS, 2017) por meio de pesquisa feita pela empresa Nielsen, publicada na revista Superhiper, em cada um dos cinco tipos de produtos analisados (creme dental, xampu, detergentes líquidos, detergente em pó e amaciante de roupas). Além disso, um levantamento do consumo e contribuições para a concentração dos esgotos domésticos em diferentes países, apresentado por alguns autores.

2.2.1 Creme dental

Os cremes dentais passam por uma constante melhoria de qualidade. Tal evolução está relacionada com os variados objetivos do produto (clareamento, sensibilidade,

gingivite), com a grande variedade de substância presentes nesses compostos para atingir esses objetivos e o elevado número de marcas presentes no mercado. Portanto, uma avaliação complexa da vasta gama de produtos existentes no mercado torna-se inviável. Dessa forma, o Quadro 3 apresenta as formulações básicas fornecidas pelos fabricantes, das marcas identificadas como mais utilizadas no Brasil pela ABRAS (2017).

Quadro 3 – Composições das marcas de creme dental mais vendidas no Brasil, representando 96,4% do mercado nacional.

Posição	Marca (Grupo)	Composição (Fornecida pelo fabricante)
1º	Colgate (Colgate-Palmolive)	carbonato de cálcio, lauril sulfato de sódio, sacarina de sódio, pirofosfato tetrassódico, silicato de sódio, polietilenoglicol, sorbitol, carboximetil celulose, metilparabeno, propilparabeno, composição aromática, água e monofluorofosfato de sódio.
2º	Sorriso (Colgate-Palmolive)	carbonato de cálcio, lauril sulfato de sódio, sacarina de sódio, pirofosfato tetrassódico, água, glicerina, aroma, goma de celulose, bicarbonato de sódio, álcool benzílico, hidróxido de sódio, limoneno e monofluorofosfato de sódio.
3º	Oral-B (P&G)	lauril sulfato de sódio, sacarina de sódio, fluoreto de sódio, hidróxido de sódio, gluconato de sódio, sorbitol, sílica, goma de celulose, cloreto estanoso, carragenano, citrato de zinco, dióxido de titânio (ci 77891), hidroxietilcelulose, ácido fítico e água.
4º	Closeup (Unilever)	sorbitol, água, sílica hidratada, peg-32, lauril sulfato de sódio, aroma, goma de celulose, fluoreto de sódio, sacarina de sódio, sulfato de zinco, mica, hidróxido de sódio, ci 42090, limoneno.
5º	Sensodyne (Glaxosmithkline)	cloreto de estrôncio, água, sorbitol, glicerina, sílica, dióxido de titânio, aroma, sacarina sódica, estearato peg-40, metil parabeno, propil parabeno, carbonato de cálcio, hidroxietil celulose, n-metil-n-cocoil taurato de sódio, salicilato de metila, corante ci 45410.

Fonte: Adaptado de ABRAS (2017) e fabricantes (2017).

2.2.2 Xampu

De forma similar aos cremes dentais, os xampus também possuem uma ampla variedade de produtos no mercado com diferentes objetivos, além do principal que é a limpeza dos cabelos. Dessa forma, ocorre uma grande variação em suas formulações entre diferentes marcas e até dentro de uma mesma. Assim, o Quadro 4 apresenta as marcas mais utilizadas no Brasil, representando 57,2% do mercado nacional.

Quadro 4 – Composições das marcas de xampu mais vendidas no Brasil.

Posição	Marca (Grupo)	Composição (Fornecida pelo fabricante)
1º	Pantene (P&G)	água, lauril sulfato de sódio, lauriléter sulfato de sódio, diestearato de glicol, dimeticona, cocamidopropilbetaína, citrato de sódio, cocoamida, perfume, xilenosulfonato de sódio, ácido cítrico, benzoato de sódio, cloreto de hidroxipropiltrimónio de guar, cloreto de sódio, edta tetrasódico, disuccinato de etilenodiamina trissódica, cinamal, pantenol, éter etílico de pantenilo, hidroxicitronelal, metilcloroisotiazolinona, metilisotiazolinona.
2º	Elsève (L'Oréal)	água, lauril sulfato de sódio, dimeticona, cocobetaína, cloreto de sódio, diestearato de glicol, guar cloreto de hidroxipropiltrimónio, cocamida mipa, benzoato de sódio, cocoato de sódio, hidróxido de sódio, arginina, ácido salicílico, limoneno, linalol, 2-oleamido-1,3-octadecanodiol, carbômero, cocoato de metilo, ácido cítrico, hexileno glicol, hexil cinamal, perfume.
3º	Dove (Unilever)	água, sulfato de laureto de sódio, diestearato de glicol, cocamidopropil betaína, glicerina, perfume, dimeticonol, dimeticona, gluconolactona, copolímero de acrilatos / beheneth-25 metacrilato, cocamida mea, cloreto de guar hidroxipropiltrimónio, copolímero de estireno / acrilatos, amodimeticona, sulfato de sódio, trealose, dióxido de titânio, hidantoína dmdm, edta dissódica, peg-45m, queratina hidrolisada, metilcloroisotiazolinona, metilisotiazolinona, salicilato de benzilo, butilfenil metilpropional, citronelol, cumarina, hexil cinamal, cloreto de potássio, ácido cítrico, hidróxido de sódio.
4º	Clear (Unilever)	água, lauril sulfato de sódio / sulfato de sódio c12-13, betaína de cocamidopropilo, piritona de zinco, perfume, carbômero, dimeticonol, propilenoglicol, cloreto de sódio, dimeticona, dmhm hidantoína, mentol, ppg-9, cloreto de hidroxipropiltrimónio guar, sulfato de zinco, helianthus annuus seed oil', glicerina, climbazole, metilisotiazolinona, ci 77266, extrato de folha de melaleuca alternifolia, extrato de folha de mentha piperita, panax ginseng folha / extracto de caule, pantenol, acetato de tocopherilo, ionona alfa isometilo , salicilato de benzilo, butilfenil metilpropional, coumarina, hexil cinamal, limoneno, linalol, ácido cítrico, hidróxido de sódio. 'componentes do bio-nutrium 10.
5º	Seda (Unilever)	água, lauril sulfato de sódio, cocoamidopropil betaína, cloreto de potássio, diesterato de glicol, perfume, carbômero, cocamide dea, edta de disódio, hidroxipropilmetilcelulose, guar cloreto de hidroxipropiltrimónio, mica, dmdm hidantoína, peg-45m, dióxido de titânio, metoxicinamato de etilexexo, dimethiconol, ceramide 2, methylchloroisothiazolinone, methylisothiazolinone, ci 17200, salicilato de benzila, butilfenil metilpropional, citronelol, hexil cinnamal, ácido cítrico, hidróxido de sódio.

Fonte: Adaptado de ABRAS (2017) e fabricantes (2017).

2.2.3 Detergente líquido (lava louças)

Ao contrário dos cremes dentais e dos xampus, as diversas marcas de detergentes líquidos possuem uma formulação similar, e os componentes utilizados são segredos industriais. Dessa forma os fabricantes fornecem somente um resumo da composição, indicando a categoria e não o componente em si. O Quadro 5 apresenta a composição das marcas mais utilizadas no Brasil, representando 84,6% do mercado nacional.

Quadro 5 – Marcas e composições dos detergentes líquidos mais vendidos no Brasil.

Posição	Marca (Grupo)	Composição (Fornecida pelo fabricante)
1º	Ypê (Química Amparo)	derivados de isotiazolinona, bromo-2 nitro-2 propanodiol, linear alquil benzeno sulfonato de sódio, linear alquil benzeno sulfonato de trietanolamina, lauril éter sulfato de sódio, conservantes, sequestrante, espessantes, corantes e água.
2º	Limpol (Bombril)	linear alquilbenzeno sulfonato de sódio, glicerina, coadjuvantes, conservantes, sequestrante, espessantes, corantes e água.
3º	Minuano (Flora)	lauril éter sulfato de sódio, linear alquil benzeno sulfonato de sódio, glicerina, coadjuvantes, conservantes, corante, espessantes, água.
4º	Atol (Química Amparo)	derivados de isotiazolinona, bromo-2 nitro-2 propanodiol, linear alquil benzeno sulfonato de sódio, linear alquil benzeno sulfonato de trietanolamina, lauril éter sulfato de sódio, conservantes, sequestrante, espessantes, corantes e água.
5º	Bio Brilho (Bio Brilho)	lauril éter sulfato de sódio, linear alquil benzeno sulfonato de sódio, glicerina, coadjuvantes, conservantes, espessantes, fragrância, água.

Fonte: Adaptado de ABRAS (2017) e fabricantes (2017).

2.2.4 Detergente em pó

Assim como o detergente líquido, o detergente em pó utilizando na lavagem de roupas, possui uma composição parecida entre as marcas e da mesma forma seus componentes e respectivas concentrações são considerados segredos industriais e não são informados pelos fabricantes. O Quadro 6 apresenta as composições gerais das marcas mais utilizadas no Brasil, representando 89,2% do mercado nacional.

Quadro 6 – Marcas e composições dos detergentes em pó mais vendidos no Brasil.

Posição	Marca (Grupo)	Composição química (Fornecida pelo fabricante)
1º	Omo (Unilever)	tensoativo aniônico (alquil benzeno sulfonato de sódio), tamponantes, coadjuvantes, sinergista, corantes, branqueador ótico, fragrâncias, água e carga.
2º	Brilhante (Unilever)	tensoativo aniônico (alquil benzeno sulfonato de sódio), tamponantes, coadjuvantes, sinergista, corantes, branqueador ótico, fragrâncias, água e carga.

Posição	Marca (Grupo)	Composição química (Fornecida pelo fabricante)
3º	Tixan Ypê (Química Amparo)	tensoativo aniônico (linear alquil benzeno sulfonato de sódio), alcalinizante, sequestrante, carga, coadjuvantes, branqueador óptico, corante, enzimas, agente antirredespositante, fragrância, água.
4º	Ariel (P&G)	produção encerrada ¹
5º	Surf Campeiro (Unilever)	tensoativo aniônico (alquil benzeno sulfonato de sódio), tamponantes, coadjuvantes, sinergista, corantes, branqueador óptico, fragrâncias, água e carga.

Fonte: Adaptado de ABRAS (2017) e fabricantes (2017).

2.2.5 Amaciante de roupas

Os amaciantes também possuem sua fórmula e concentrações considerados segredos industriais, e da mesma forma que os detergentes líquidos e em pó são informados pelas fabricantes apenas o tipo de cada componente. O Quadro 7 apresenta as composições das marcas mais utilizadas no Brasil, representando 78,2% do mercado nacional.

Quadro 7 – Composição das marcas de amaciante de roupas mais vendidas no Brasil.

Posição	Marca (Grupo)	Composição química (Fornecida pelo fabricante)
1º	Comfort (Unilever)	cloreto de dialquil dimetil amônio, coadjuvantes, fragrâncias, 1,2 benzotiazolin-3-ona, corante, acidificante e água.
2º	Downy (P&G)	sal de amônio quartenário de dimetildietanol mono/di alquiloil éster, atenuador de espuma, dispersante, espessante, conservante, fragrância, corante e água.
3º	Ypê (Química Amparo)	tensoativo catiônico (cloreto de dialquil dimetil amônio), ceramidas, conservantes, umectante, corante, opacificante, fragrância e água.
4º	Baby Soft (Scarlat)	cloreto de dialquil dimetil amônio, coadjuvantes, atenuador de espuma, diluente, conservante, fragrância, corantes e veículo.
5º	Mon Bijou (Bombril)	cloreto de diestearil dimetil amônio, coadjuvante, conservantes, espessante, corante (exceto versão baby), fragrância e água.

Fonte: Adaptado de ABRAS (2017) e fabricantes (2017).

¹ Segundo notícia divulgada pelo site Exame.com a P&G, grupo responsável pela marca Ariel, interrompeu as produções do detergente em pó, focando seus investimento e esforços no detergente líquido, que hoje representa apenas 20% do mercado brasileiro, mas se mostra uma tendência para o futuro. Fonte: <<http://exame.abril.com.br/negocios/p-g-para-de-fabricar-ariel-em-po-e-fecha-fabrica/>>. Acesso em: 14/06/2017.

2.3 CONSUMO DOS PRODUTOS

O uso indiscriminado e intensivo de produtos de higiene pessoal e limpeza têm causado o descarte de enormes quantidades de compostos xenobióticos no meio ambiente, principalmente nos corpos hídricos (ZAVALA; ESTRADA, 2016). Desse modo, buscou-se em literatura, números que comprovassem o elevado consumo de tais produtos e suas taxas de contribuição para o esgoto doméstico. O Quadro 8 apresenta o consumo diário per capita segundo referências nacionais e internacionais.

Quadro 8 – Consumo diário per capita reportados em literatura nacional e internacional.

Produto	Consumo Diário	Local	Fonte
Creme Dental	2,53 mL	Alemanha	IKW (2005) apud Chang, Wagner e Cornel (2007)
Xampu	2,74 g	Suécia	Eriksson et al. (2002)
	4,63 mL	Alemanha	IKW (2005) apud Chang, Wagner e Cornel (2007)
	5,7 mL	Bangcoc	Jiawkok et al. (2012)
Detergente Líquido (lava louças)	1,37 g	Suécia	Eriksson et al. (2002)
	8,1 mL	Bangcoc	Jiawkok et al. (2012)
	5,97 mL	Brasil	ABIPILA (2016) *
Detergente em pó	15,15 g	Alemanha	IKW (2005) apud Chang, Wagner e Cornel (2007)
	16 g	Bangcoc	Jiawkok et al. (2012)
	20,55 g	Dinamarca	
	14,25 g	Finlândia/Noruega	
	15,01 g	Suécia	
	10,1 g	EUA	
	12,76 g	Brasil	ABIPILA (2016) *
Amaciante de roupas	0,22 g	Alemanha	IKW (2005) apud Chang, Wagner e Cornel (2007)
	6,96 mL	Brasil	ABIPILA (2016) *

Fonte: Especificada no Quadro.

* Dados obtidos através de pesquisa realizada pela Nielsen e publicada no Anuário 2016 da Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Limpeza e Afins (ABIPILA) que levantou o consumo anual brasileiro em 2015. Para o consumo diário per capita, considerou-se a população do ano correspondente, 204.450.649 habitantes (IBGE, 2017).

Nem sempre uma grande quantidade de produtos é sinônimo de limpeza, uma vez que a remoção de todos os resíduos desse produto se torna difícil. Dessa forma, cada produto possui recomendações aproximadas de uso feitas por profissionais da área, empresas fabricantes ou mesmo pelos usuários. Buscando essas informações, foram encontrados alguns valores expostos pelo Quadro 9.

Quadro 9 – Quantidades recomendadas de uso dos produtos de higiene pessoal e limpeza.

Produto	Recomendação	Fonte
Creme Dental	Volume de uma ervilha por escovação (0,9g)	Profissionais da área e fabricantes (embalagem dos produtos)
Xampu	1 colher de chá por lavagem (5g)	Profissionais da área (cabelereiros)
Detergente Líquido (lava louças)	Uso relativo, não foram encontradas recomendações	
Detergente em pó	100 g por lavagem em máquina de 8kg	Fabricantes (embalagem dos produtos)
Amaciante de roupas (concentrado)	20 ml por lavagem para uma máquina de 8kg	Fabricantes (embalagem dos produtos)

Fonte: Especificada no Quadro.

Vale ressaltar que o consumo e as recomendações podem estar relacionados aos aspectos geográficos e culturais, como o clima e a cultura da região, resultando em uma quantidade maior ou menor de banhos diários e de lavagem de roupas, por exemplo. E o aspecto econômico, uso indiscriminado de produtos ou racionamento do mesmo, e até a não utilização de determinados produtos.

2.4 CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS

Com o elevado consumo de produtos e higiene pessoal e limpeza, uma infinidade de substâncias com características particulares são despejadas no ambiente sem o devido tratamento. A complexidade dos produtos contribui para tal fato, pois o efeito da substância e sua interação com outros poluentes são desconhecidos, assim a determinação do melhor tratamento e de seus impactos sobre o ambiente se torna complexa (LONDOÑO; PEÑUELA, 2017).

Além disso, alguns estudos mostram que esses produtos são persistentes no ambiente, bioativos e possuem um potencial de bioacumulação (PECK, 2006; MACKAY; BARNTHOUSE, 2010). Parte desses problemas se devem ao fato de que essas substâncias

são depositadas no meio aquático de forma contínua, e a sua remoção/transformação, seja pela biodegradação, hidrólise ou fotólise é reprimida continuamente pela reposição (DAUGHTON, 2001).

Dentre os componentes utilizados na formulação dos detergentes domésticos os surfactantes são responsáveis por 10,4 a 98,8% da toxidez medida em testes biológicos. Os principais problemas decorrentes do acúmulo do LAS nos recursos hídricos são a diminuição do oxigênio dissolvido em função da diminuição da tensão superficial água/ar; diminuição da permeabilidade por manter partículas presentes na água em suspensão; aumento da presença de compostos xenobióticos como bifenilas policloradas e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos; além da bioacumulação nos seres vivos (PENTEADO; SEOUD; CARVALHO, 2006). Os autores ainda afirmam que a biodegradação do LAS sofre influência de vários fatores, tais como a concentração de oxigênio dissolvido, complexação com tensoativos catiônicos, por exemplo, de amaciante de roupas, presença de alguns nutrientes orgânicos e variação do pH durante a degradação aeróbica.

O destino dos produtos de higiene pessoal e limpeza depende em parte da aplicação do produto, de suas propriedades químicas, e de certa forma da fisiologia do usuário. Geralmente esses produtos possuem como destino direto o esgoto doméstico e são transportados na forma do composto original inalterado (KAGLE et al., 2009). Os autores ainda afirmam que embora a biodegradabilidade dos produtos pareça ser determinada pela sua estrutura química, a manipulação de algumas variáveis como o OD, temperatura, pH e até a comunidade microbiana podem ser investigadas como forma de melhorar essa degradação. Estudos adicionais são necessários para realizar balanços de massa mais precisos em relação aos metabólitos formados durante a biodegradação, além de começar a entender os riscos que tais subprodutos possam representar.

2.5 CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS CINZAS DE ORIGEM DOMÉSTICA

Estudos de caracterização de águas cinzas em função do seu ponto de origem e de alguns parâmetros de qualidade foram encontrados em literatura nacional e internacional. A Tabela 6 apresenta os dados encontrados.

Tabela 6 – Caracterização da água cinza proveniente de diferentes usos.

Parâmetro	Pia do Banheiro		Chuveiro		Pia da Cozinha		Máquina de Lavar		Combinada	
	Faixa	Méd.	Faixa	Méd.	Faixa	Méd.	Faixa	Méd.	Faixa	Méd.
Volume (L)	5 26	15	20 35	29	12 30	20	13 26	19	71 115	100
ST (mg/L)	450 835	633	426 1090	649	1272 2160	1634	586 2653	1384	742 1536	1132
DBO ₅ (mg/L)	139 265	215	135 424	220	490 932	696	184 472	319	90 571	357
DQO (mg/L)	150 653	393	270 645	440	936 1950	1342	521 1546	1073	160 912	688
N total (mg/L)	5,6 9,0	7,0	3,4 11,3	8,5	13,7 31,2	22,5	3,6 18,9	12,3	6,6 17,8	11,2
P total (mg/L)	0,6 1,1	0,8	0,2 1,2	0,7	2,2 48,3	19,9	6,1 51,5	22,8	1,5 17,6	9,3

Fonte: Adaptado de Surendran e Wheatley (1998), Almeida, Butler e Friedler (1999), Friedler (2004), Bazzarella (2005), Jamrah et al. (2006), Jiawkok et al (2012), Edwin, Gopalsamy e Muthu (2013).

Uma vez que produtos de higiene pessoal e limpeza estão presentes nessas águas, o seu uso pode impactar diretamente a qualidade da mesma. As águas cinzas provenientes da lavagem de roupas são um dos maiores contribuintes de substâncias surfactantes para o esgoto doméstico, e sua composição e concentração variam consideravelmente. As diferenças surgem em parte devido a variações nos níveis de sujeira das roupas, embora a tecnologia aplicada na lavagem e a composição e quantidade de detergente adicionado também sejam fatores relevantes (ZAVALA; ESTRADA, 2016).

Zavala e Estrada (2016) em seu estudo de caracterização do efluente oriundo da lavagem de roupas, analisou quatro soluções, duas preparadas somente com água deionizada e detergente em pó e detergente líquido, atendendo as dosagens recomendadas pelo fabricante (23,25 g/31,7 L e 26,6 g/31,7 L, respectivamente). As outras duas amostras foram recolhidas da lavagem de roupas com características análogas, seguindo a mesma dosagem para os dois tipos de detergente. As amostras foram caracterizadas em relação aos parâmetros de ST, SST, SDT, carbono orgânico total (COT), DQO e LAS. A Tabela 7 apresenta a caracterização das amostras para os parâmetros de ST, SST, SDT e DQO.

Tabela 7 – Caracterização de efluente sintético e de lavagem de roupas segundo alguns parâmetros de qualidade das águas.

Parâmetro	Detergente em pó + água deionizada	Detergente líquido + água deionizada	Efluente de lavagem com detergente em pó	Efluente de lavagem com detergente líquido
ST (mg/L)	733,3	309,3	796,4	372,9
SST (mg/L)	42,2	60,2	95,1	203,4
SDT (mg/L)	691,1	249,1	701,3	169,5
DQO (mg/L)	300,1	699	464,3	799

Fonte: Zavala e Estrada (2016).

A partir dos resultados foi possível perceber uma grande influência dos produtos utilizados na alteração dos parâmetros analisados. A exemplo, a solução contendo apenas o detergente em pó e a água deionizada apresentou um teor de ST de 733,3 mg/L, enquanto que o efluente da lavagem de roupas com esse mesmo produto, 796,4 mg/L, dessa forma, apenas o produto seria responsável por 92% dos ST presentes no efluente da máquina de lavar.

Sendo assim, como conclusão do estudo, os autores afirmam que a superdosagem de detergente pode promover grande contaminação dos corpos d'água, caso o esgoto não seja tratado adequadamente. Além disso, os detergentes são os principais contribuintes para a composição do esgoto proveniente da lavagem de roupas e isso ainda é influenciado pelo tipo (pó ou líquido) utilizado.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

Neste trabalho foi avaliado se a quantidade utilizada de alguns produtos de higiene pessoal e limpeza é fator significativo para a alteração da qualidade do esgoto doméstico. Para tal, foram realizados ensaios laboratoriais de soluções produzidas com diferentes concentrações de creme dental, xampu, detergente líquido, detergente em pó e amaciante de roupas. Tais produtos foram escolhidos em razão da grande utilização diária, que muitas vezes supera as quantidades necessárias/recomendadas.

Desse modo, a metodologia adotada será descrita nos itens seguintes, sendo composta pela amostragem, experimentação e análise e interpretação dos dados obtidos.

3.1 AMOSTRAGEM

Foram ensaiadas soluções dos produtos de higiene pessoal e limpeza em água destilada. Para a produção de tais amostras levou-se em consideração o consumo recomendado dos produtos e as três marcas mais vendidas de cada tipo de produto². Pelo fato deste trabalho ter sido desenvolvido na cidade de Uberlândia - MG, foi levado em consideração o consumo diário de água per capita da cidade, 170 litros³, e um coeficiente

² Segundo pesquisa publicada pela Revista Superhiper da ABRAS em 2017, mencionada no item 2.2.

³ Segundo notícia divulgada pelo portal do Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia (DMAE). Corresponde ao volume micromedido, ou seja, desconsidera as perdas existentes entre a estação de tratamento e o consumidor final. Fonte: <<http://www.dmae.mg.gov.br/?pagina=noticia&id=3845>>. Acesso em: 05/07/2017.

de retorno de 0,8 (ABNT NBR 9649, 1986; VON SPERLING, 2014)⁴ representando um volume diário de esgoto per capita de 136 litros.

As matrizes foram compostas pela mistura homogênea das três marcas, com o intuito de evitar possíveis interferências devido à singularidades. Pesou-se quantidades iguais de cada uma das três marcas em balança de precisão (0,1 mg) e foi feita a homogeneização. Buscou-se as mesmas características dentre os variados produtos das marcas.

Para os cremes dentais, considerou-se a quantidade recomendada por escovação de um volume similar ao de uma ervilha, bem como três escovações diárias, totalizando um consumo diário de aproximadamente 2,7 g. Desse modo, a concentração das soluções de creme dental utilizadas neste trabalho é de 2,7 g / 136 L.

A quantidade recomendada de xampu é de uma colher de chá por lavagem, considerando um banho diário incluindo a limpeza dos cabelos, tem-se um consumo de aproximadamente 5 g/dia. Portanto, a concentração das soluções de xampu utilizadas neste trabalho é de 5,0 g / 136 L.

Devido à condicionalidade do uso do detergente líquido, variando em função de fatores socioeconomicos e culturais, não existem dados sobre as quantidades recomendadas de uso, desse modo buscou-se dados de consumo em literatura, chegando ao valor aproximado de 5,9 mL /hab.dia. Dessa forma, a concentração das soluções de detergente líquido produzidas neste trabalho é de 6,0 g / 136 L.

Os detergentes em pó possuem quantidades recomendadas de uso estampadas em suas embalagens. Apesar da variação em função da capacidade da máquina, quantidade e sujeira das roupas, um valor médio adotado é de 100,0 g por lavagem. Considerando uma utilização semanal, chegamos à concentração das soluções de detergente em pó ensaiadas neste estudo de 14,3 g / 136 L.

Assim como os detergentes em pó, as quantidades recomendadas de uso estão estampadas nas embalagens dos amaciantes, 20 mL (16,95 g) por lavagem. Considerando uma utilização semanal, chegamos à concentração das soluções de amaciante utilizadas neste estudo de 2,42 g / 136 L.

Com o intuito de verificar a variação dos parâmetros de qualidade (ST, DBO, DQO, N total e P total) em função da quantidade de produto, utilizou-se quatro

⁴ Valor utilizado na inexistência de dados locais comprovados oriundos de pesquisas.

concentrações distintas para cada tipo, 25%, 50%, 75% e 100% da quantia recomendada para o consumo diário. Como são cinco produtos (creme dental, xampu, detergente líquido, detergente em pó e amaciante de roupas) totalizou-se vinte soluções. O Quadro 10 apresenta as amostras preparadas considerando as concentrações estabelecidas em escala laboratorial com volume de dois litros cada.

Quadro 10 – Amostras produzidas e ensaiadas.

Produto	% do consumo diário	Concentração da amostra elaborada
Creme dental (Colgate, Sorriso e Oral-B)	25%	4,96 mg/L
	50%	9,93 mg/L
	75%	14,89 mg/L
	100%	19,85 mg/L
Xampu (Pantene, Elsève e Dove)	25%	9,19 mg/L
	50%	18,38 mg/L
	75%	27,57 mg/L
	100%	36,76 mg/L
Detergente líquido (Ypê, Limpol e Minuano)	25%	11,03 mg/L
	50%	22,06 mg/L
	75%	33,09 mg/L
	100%	44,12 mg/L
Detergente em pó (Omo, Brilhante e Tixan Ypê)	25%	26,29 mg/L
	50%	52,57 mg/L
	75%	78,86 mg/L
	100%	105,15 mg/L
Amaciante (Comfort, Downy e Ypê)	25%	4,45 mg/L
	50%	8,90 mg/L
	75%	13,35 mg/L
	100%	17,79 mg/L

Fonte: Autor (2018).

3.2 ENSAIOS

Como o objetivo deste trabalho era avaliar a alteração de alguns parâmetros de qualidade do esgoto doméstico pela variação da quantidade de produtos de higiene pessoal e limpeza, as seguintes técnicas de análises laboratoriais, padronizadas pelo Standard Methods, foram utilizadas (Quadro 11). Os ensaios para cada amostra foram repetidos cinco vezes, alterando o lote do produto do qual foram produzidas as amostras, para conferir mais abrangência aos dados encontrados.

Quadro 11 – Ensaios realizados e referências utilizadas.

Parâmetro	Método	Fonte
Sólidos Totais	Método gravimétrico	STANDARD METHODS 2540, 1999
DBO ₅	Oxítop	
DQO	Oxidação por dicromato de potássio em meio ácido, método colorimétrico	STANDARD METHODS 5220 D, 1999
Nitrogênio Total	Método colorimétrico	STANDARD METHODS 4500-N C, 1999
Fósforo Total	Método do ácido ascórbico pela oxidação em meio ácido	STANDARD METHODS 4500-P, 1999

Fonte: Especificada no Quadro.

3.3 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS

A partir dos resultados obtidos foi feita uma tabela resumo para apresentação dos dados em função do produto, concentração e parâmetro de qualidade analisado. Gráficos considerando cada parâmetro de qualidade também são apresentados para evidenciar a variação dos resultados em função da concentração de produtos utilizados na produção das amostras.

Por fim, os resultados médios obtidos para as amostras contendo 100% do consumo diário recomendado dos produtos foram comparados com dados reportados em literatura nacional e internacional. Inicialmente o comparativo foi realizado com a qualidade média da água residuária dos pontos de utilização dos produtos⁵. Posteriormente foi feito a comparação com os dados apresentados neste trabalho para a qualidade do esgoto doméstico em geral.

⁵ Os pontos de interesse neste caso são os esgotamentos das áreas de utilização dos produtos analisados neste trabalho, lavatório (creme dental), chuveiro (xampu), pia da cozinha (detergente líquido) e máquina de lavar (detergente em pó + amaciante).

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados encontrados referentes à caracterização das amostras, produzidas com diferentes concentrações dos produtos de higiene pessoal e limpeza, em relação aos parâmetros que contribuem de certo modo para a alteração da qualidade dos esgotos sanitários domésticos. A Tabela 8 apresenta os resultados em função do tipo de produto, parâmetro analisado, percentual do consumo diário utilizado na preparação da amostra e número da análise. Os resultados foram comparados com valores reportados em literatura nacional e internacional.

Percebeu-se que o aumento da quantidade de produto utilizada favorece uma maior alteração nos parâmetros de qualidade, corroborando com o estudo de Zavala e Estrada (2016) sobre o detergente em pó. A fim de evidenciar essas alterações, os subitens apresentam gráficos para cada parâmetro e produto. Devido às baixas concentrações das amostras, as interferências pela manipulação e realização dos ensaios podem ser significativas. Além disso, a utilização de diferentes lotes de produtos pode contribuir para a irregularidade dos resultados.

Tabela 8 – Resultado dos parâmetros analisados (mg/L) para as soluções de cada produto em função da sua concentração (%).

Produto	Amostra	Sólidos Totais (mg/L)				DBO (mg/L)	DQO (mg/L)				Nitrogênio Total (mg/L)				Fósforo Total (mg/L)			
		25%	50%	75%	100%	50%	25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
Crene Dental	1	4,42	7,02	7,75	16,00	2,00	4,00	4,00	11,00	19,00	0,001	0,007	0,009	0,012	0,004	0,014	0,018	0,030
	2	5,42	7,40	10,75	17,00	1,00	3,33	4,67	10,00	12,00	0,002	0,005	0,007	0,013	0,005	0,014	0,019	0,027
	3	6,75	8,07	10,25	14,33	2,00	2,67	5,33	11,00	18,00	0,002	0,005	0,009	0,014	0,003	0,009	0,017	0,027
	4	3,08	7,73	8,25	13,33	3,00	3,00	4,62	16,67	20,00	0,001	0,007	0,005	0,013	0,005	0,011	0,021	0,053
	5	4,75	5,73	9,25	12,62	3,00	4,72	5,92	7,10	12,28	0,002	0,004	0,005	0,010	0,002	0,021	0,027	0,044
	média	4,88	7,19	9,25	14,66	2,24	3,54	4,91	11,15	16,26	0,001	0,006	0,007	0,013	0,004	0,014	0,020	0,036
Xampu	1	5,95	7,23	10,55	12,00	1,00	8,67	12,00	15,00	25,00	0,006	0,010	0,017	0,025	< 0,001			
	2	8,62	9,23	7,55	10,67	2,00	8,00	13,33	15,89	26,00	0,006	0,004	0,021	0,032				
	3	4,95	6,57	7,89	11,67	3,00	6,00	12,67	16,00	31,00	0,006	0,010	0,009	0,019				
	4	4,28	9,01	9,22	14,00	3,00	6,67	8,67	15,33	30,67	0,008	0,009	0,019	0,035				
	5	4,53	5,57	11,88	10,33	3,00	8,51	10,45	19,31	30,67	0,004	0,009	0,012	0,019				
	média	5,67	7,52	9,42	11,73	2,44	7,57	11,42	16,31	28,67	0,006	0,008	0,016	0,026				
Detergente Líquido	1	5,10	11,23	16,33	18,00	1,00	9,33	16,00	22,00	29,00	0,006	0,010	0,014	0,020	< 0,001			
	2	7,77	10,19	13,33	17,33	1,00	7,00	16,00	21,33	30,00	0,003	0,011	0,012	0,023				
	3	6,43	12,90	18,33	21,01	2,00	4,00	13,00	22,00	30,00	0,005	0,009	0,015	0,020				
	4	6,21	14,23	16,00	21,33	2,00	5,33	7,33	20,67	32,67	0,005	0,007	0,011	0,026				
	5	4,10	10,57	18,94	20,00	2,00	7,18	5,69	21,74	37,22	0,004	0,010	0,016	0,020				
	média	5,92	11,82	16,59	19,54	1,68	6,57	11,60	21,55	31,78	0,004	0,010	0,013	0,022				
Detergente em Pó	1	28,34	53,87	79,30	102,00	2,00	16,00	18,00	26,00	44,00	0,007	0,023	0,028	0,032	< 0,001			
	2	28,68	55,53	78,30	104,67	1,00	15,00	23,33	31,00	45,00	0,009	0,021	0,027	0,032				
	3	30,01	54,20	79,97	99,33	1,00	12,00	22,67	27,33	58,00	0,006	0,026	0,029	0,040				
	4	28,17	55,26	81,30	102,33	1,00	12,00	19,00	31,33	48,67	0,015	0,020	0,032	0,037				
	5	25,01	52,20	76,30	104,00	2,00	14,20	16,30	17,21	45,98	0,011	0,014	0,026	0,034				
	média	28,04	54,21	79,03	102,47	1,40	13,84	19,86	26,58	48,33	0,010	0,021	0,029	0,035				
Amaciante	1	2,03	5,02	8,13	15,45	1,00	7,00	11,00	14,67	22,00	< 0,001				< 0,001			
	2	5,03	4,31	8,33	14,78	1,00	5,00	11,00	19,00	21,00								
	3	4,37	5,36	9,46	13,12	2,00	4,67	7,33	15,00	26,00								
	4	1,37	3,69	8,80	17,12	2,00	4,00	11,00	18,00	21,33								
	5	4,70	4,36	8,46	14,45	2,00	3,35	8,10	15,94	21,91								
	média	3,50	4,55	8,64	14,98	1,48	7,00	11,00	14,67	22,00								

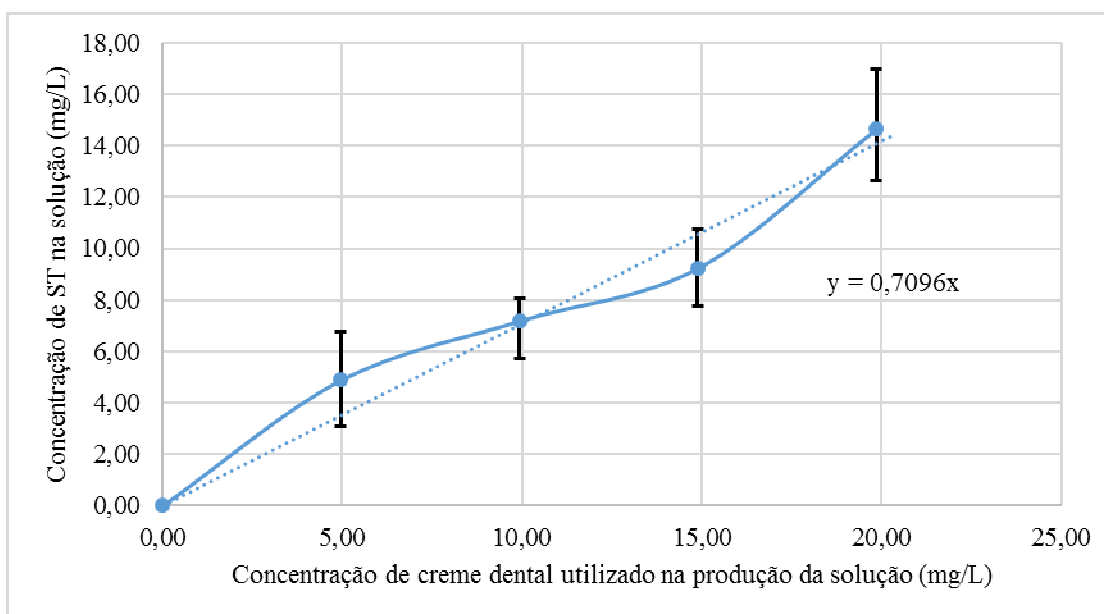
Fonte: Autor (2018).

4.1 SÓLIDOS TOTAIS

a. Creme dental

A Figura 1 apresenta o gráfico da concentração de sólidos totais em função da quantidade de creme dental presente nas amostras.

Figura 1 – Concentração de sólidos totais nas amostras produzidas com creme dental.



Fonte: Autor (2018).

Percebe-se que os resultados apresentaram certa linearidade, que só não foi melhor representada devido às pequenas quantidades de produto que foram utilizadas na produção das amostras. As interferências que para maiores concentrações se mostram menos significativas, para pequenas aumentam bastante o percentual de erro. Neste caso é mais perceptível nas soluções que utilizaram 25%, 75% e 100% da quantidade recomendada diária de produto. Em comparação aos outros produtos, principalmente o detergente em pó, os valores encontrados para o creme dental parecem baixos, entretanto vale ressaltar que esse produto apresenta um dos menores consumo diário dentre os analisados neste trabalho.

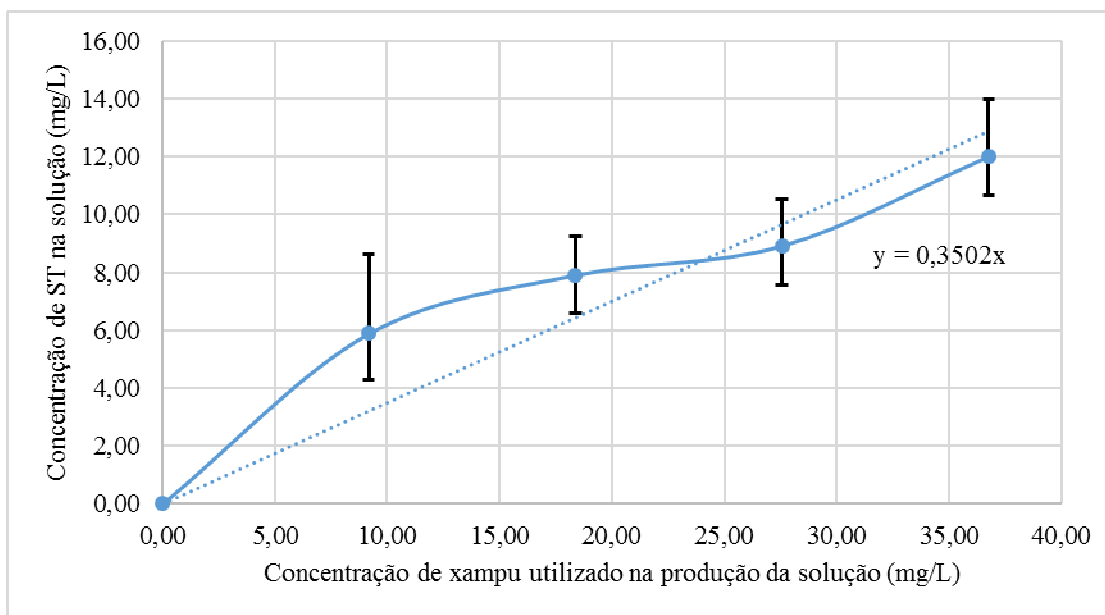
Considerando a solução produzida com 100% do consumo diário, chegou-se ao resultado médio de 14,66 mg ST/L, que para um volume de 136 L, resulta em um total de aproximadamente 1,99 g. O valor médio reportado em literatura para a concentração de ST

da água residuária do lavatório (633,00 mg/L)⁶, multiplicado pelo volume médio proveniente desse ponto (15 L)⁶ totaliza 9,50 g. Fazendo um comparativo, o creme dental seria responsável por 21% da concentração de ST na água cinza do lavatório. Já em relação ao esgoto doméstico (180 g ST/hab.dia)⁷ 1,1%.

b. Xampu

A Figura 2 apresenta o gráfico da concentração de sólidos totais em função da quantidade de xampu presente nas amostras.

Figura 2 – Concentração de sólidos totais nas amostras produzidas com xampu.



Fonte: Autor (2018).

Em comparação com os demais produtos o xampu pode ser considerado o que menos altera a qualidade em relação aos ST. Seu consumo recomendado diário é mediano (5 g) e os valores de concentração de ST obtidos para as soluções estão entre os menores dentre os produtos considerados. Assim como ocorreu nas soluções de creme dental, os valores médios apresentaram uma proporcionalidade, porém muita discrepância entre as

⁶ Valores retirados da Tabela 6 deste trabalho, que apresenta um resumo dos valores reportados por Surendran e Wheatley (1998), Almeida, Butler e Friedler (1999), Friedler (2004), Bazzarella (2005), Jamrah et al. (2006), Jiawkok et al (2012), Edwin, Gopalsamy e Muthu (2013).

⁷ Valor retirado da Tabela 1 deste trabalho, que apresenta um resumo dos valores reportados por Metcalf & Eddy e AECOM (2014), von Sperling (2014), Jordão e Pessôa (2011).

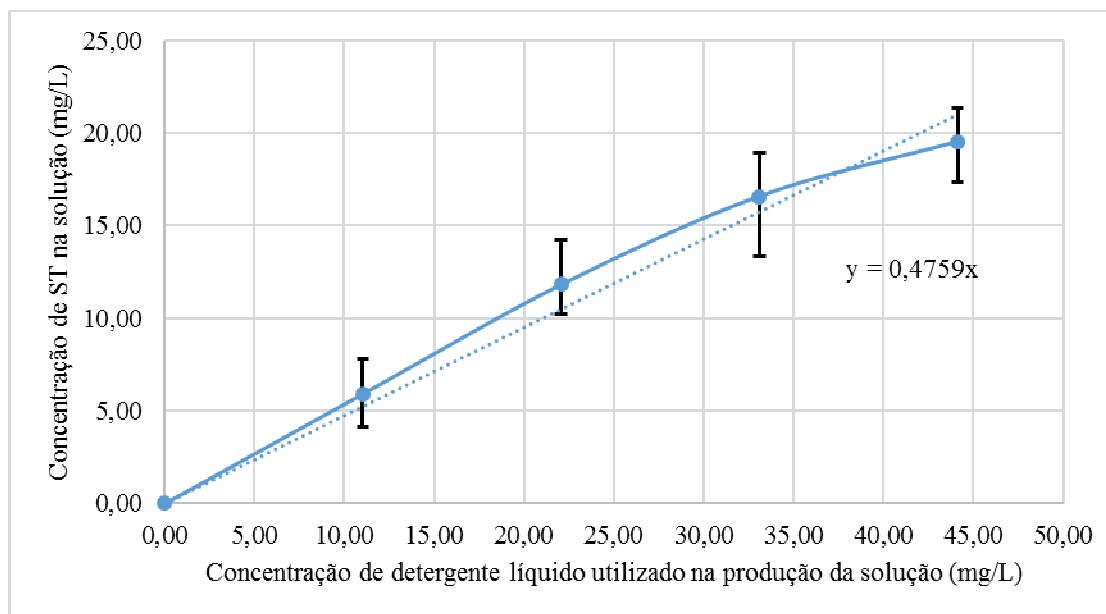
amostras, uma diferença de quase 100% para as amostras contendo 25% da quantidade recomendada diária.

Considerando a solução produzida com 100% do consumo diário, chegou-se ao resultado médio de 11,73 mg/L, que para um volume de 136 L resulta em um total de aproximadamente 1,60 g. O valor médio reportado em literatura para a concentração de ST da água residuária do chuveiro (649,00 mg/L)⁶, multiplicado pelo volume médio proveniente desse ponto (29 L)⁶ totaliza 18,82 g. Fazendo um comparativo, o xampu seria responsável por 8,5% da concentração de ST na água cinza do chuveiro. Já em relação ao esgoto doméstico (180 g ST/hab.dia)⁷ apenas 0,89%, uma parcela menor que a do creme dental, apesar da solução produzida com xampu apresentar quase o dobro de produto.

c. Detergente líquido (lava-louças)

A Figura 3 apresenta o gráfico da concentração de sólidos totais em função da quantidade de detergente líquido presente nas amostras.

Figura 3 – Concentração de sólidos totais nas amostras produzidas com detergente líquido.



Fonte: Autor (2018).

Assim como o xampu, o detergente líquido possui um consumo reportado mediano. Porém os resultados obtidos para esse produto foram maiores que os do xampu. E da mesma forma, ouve uma certa proporcionalidade entre a quantidade utilizada e a alteração

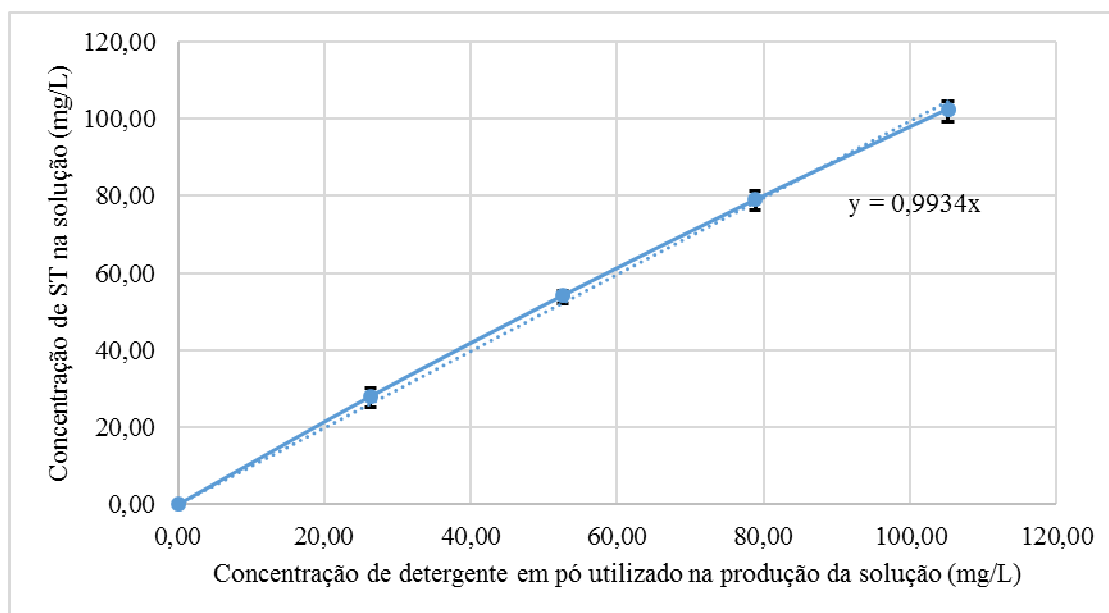
do parâmetro de ST e também apresentou grande discrepância entre os resultados apresentados para as cinco amostras, que neste caso se mostrou maior para as de 75% do consumo diário.

Considerando a solução produzida com 100% do consumo diário, chegou-se ao resultado médio de 19,54 mg/L, que para um volume de 136 L resulta em um total de aproximadamente 2,66 g. O valor médio reportados em literatura para a concentração de ST da água residuária da pia da cozinha (1634,00 mg/L)⁶, multiplicado pelo volume médio proveniente desse ponto (20 L)⁶ totaliza 32,68 g. Fazendo um comparativo, o xampu seria responsável por 8,14% da concentração de ST na água cinza da pia da cozinha. Já em relação ao esgoto doméstico (180 g ST/hab.dia)⁷ apenas 1,48%, ligeiramente maior que os produtos até aqui apresentados.

d. Detergente em pó

A Figura 4 apresenta o gráfico da concentração de sólidos totais em função da quantidade de detergente em pó presente nas amostras.

Figura 4 – Concentração de sólidos totais nas amostras produzidas com detergente em pó.



Fonte: Autor (2018).

Produto que mais contribui para a alteração do parâmetro de ST em comparação com os utilizados neste estudo. Isto é justificável uma vez que dos produtos analisados é o

único que é vendido de forma granular, podendo este fato ter uma influência direta no parâmetro, além de sua maior utilização (14,3 g/dia). Diferentemente dos outros produtos, o detergente em pó apresentou pequena discrepância entre os valores obtidos para as cinco amostras, confirmando o fato de que o erro percentual diminui quando se trabalha com maiores concentrações.

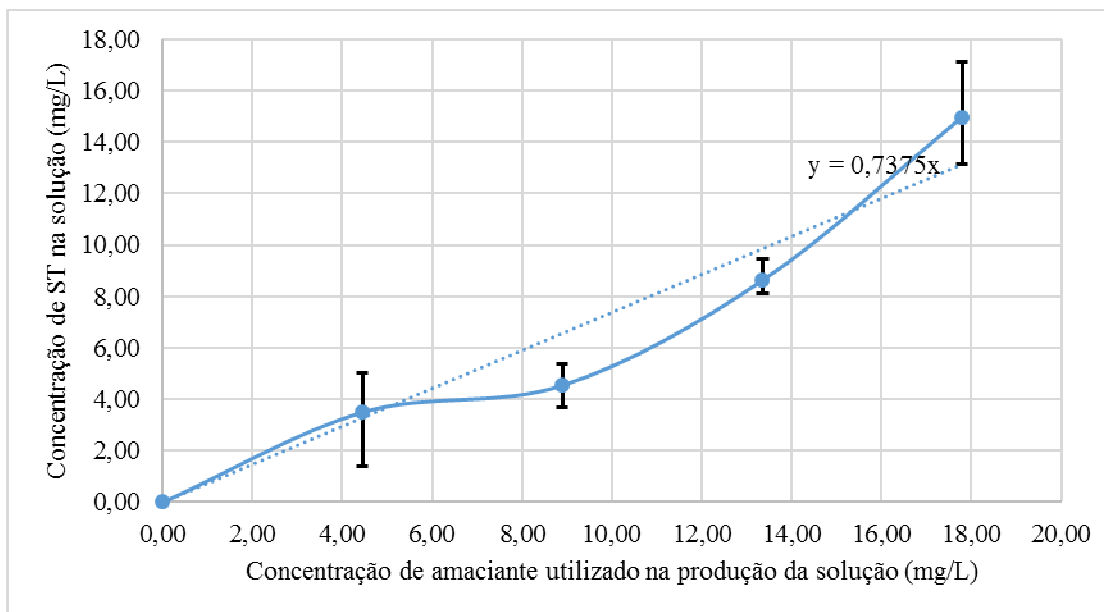
Considerando a solução produzida com 100% do consumo diário, chegou-se ao resultado médio de 102,47 mg/L, que para um volume de 136 L resulta em um total de aproximadamente 13,94 g. O valor médio reportados em literatura para a concentração de ST da água residuária da máquina de lavar roupas (1384,00 mg/L)⁶, multiplicado pelo volume médio proveniente desse ponto (19 L)⁶ totaliza 26,30 g. Fazendo um comparativo, o detergente em pó seria responsável por 53% da concentração de ST na água cinza da máquina de lavar roupas. Fato este que corrobora com o estudo de Zavala e Estrada (2016), mostrando que o detergente em pó é um dos maiores contribuintes para a alteração da concentração de ST na água residuária da lavagem de roupas.

Já em relação ao esgoto doméstico (180 g ST/hab.dia)⁷ apenas 7,74%, o que em comparação com a água residuária da máquina de lavar parece pouco, porém considerando a quantidade de produtos utilizados e atividades desenvolvidas diariamente, torna-se um valor considerável.

e. Amaciante de roupas

A Figura 5 apresenta o gráfico da concentração de sólidos totais em função da quantidade de amaciante presente nas amostras.

Figura 5 – Concentração de sólidos totais nas amostras produzidas com amaciante de roupas concentrado.



Fonte: Autor (2018).

Assim como o creme dental, o amaciante de roupas apresenta um baixo consumo diário (2,42 g), desse modo os resultados foram maiores que o esperado, próximos aos encontrados para o xampu, que apresenta mais que o dobro do consumo diário (5 g). Considerando a solução produzida com 100% do consumo diário, chegou-se ao resultado médio de 14,98 mg/L, que para um volume de 136 L, resulta em um total de aproximadamente 2,04 g.

Fazendo um comparativo, com os 26,30 g de ST presentes na água cinza da máquina de lavar roupas, o amaciante de roupas seria responsável por 7,76% da concentração de ST na água cinza da máquina de lavar roupas. Vale ressaltar que o amaciante de roupas utilizado neste estudo foi o concentrado, o que justifica a pequena quantidade de produto recomendada diária. Já em relação ao esgoto doméstico (180 g ST/hab.dia)⁷ apenas 1,13%. Parcela de contribuição pequena se comparada ao detergente em pó, porém equivalente aos demais produtos.

f. Soma dos produtos

A partir da soma dos percentuais de contribuição apresentados pelos produtos, chegou-se ao valor de 12,34%. Como as amostras analisadas possuem somente água

destilada e os produtos de higiene pessoal e limpeza, este são responsáveis por uma parcela considerável na alteração da concentração de ST nas soluções.

4.2 DBO

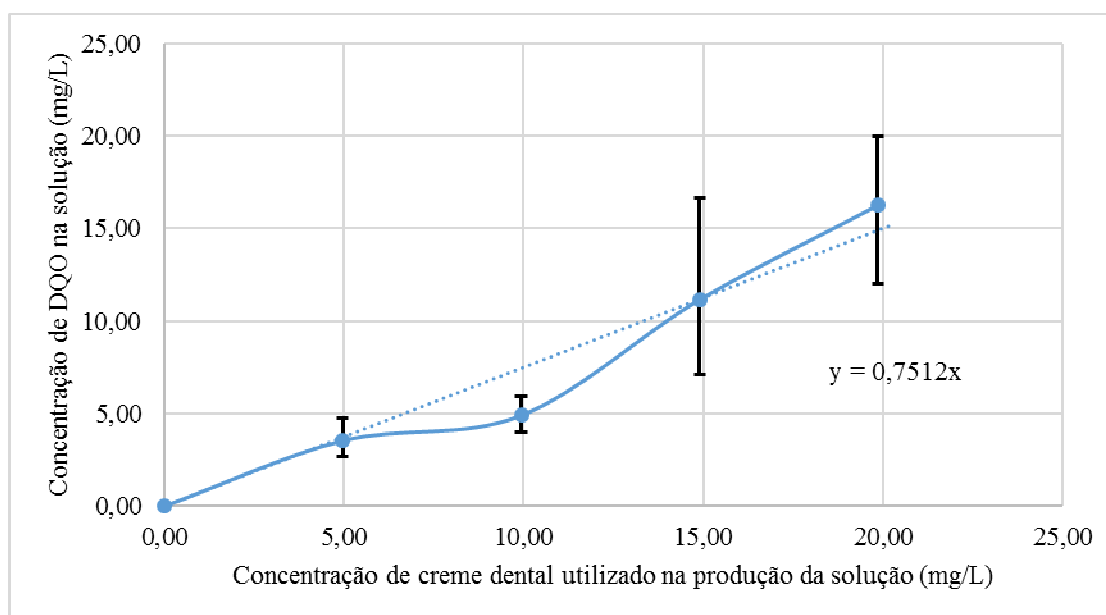
A ideia inicial era analisar a DBO para todas as amostras. Entretanto, o ensaio, além de impreciso para baixas concentrações, que é este caso, leva cerca de cinco dias, isto inviabilizou a continuidade dos experimentos. Uma vez que estes demandariam muito tempo e esforço e seus resultados não apresentariam confiabilidade. Em função disso, a Tabela 8 apresenta apenas os resultados para as primeiras análise realizadas nas amostras contendo 50% do consumo diário dos produtos.

4.3 DQO

a. Creme dental

A Figura 6 apresenta o gráfico da concentração de DQO em função da quantidade de creme dental presente nas amostras.

Figura 6 – Concentração de DQO nas amostras produzidas com creme dental.



Fonte: Autor (2018).

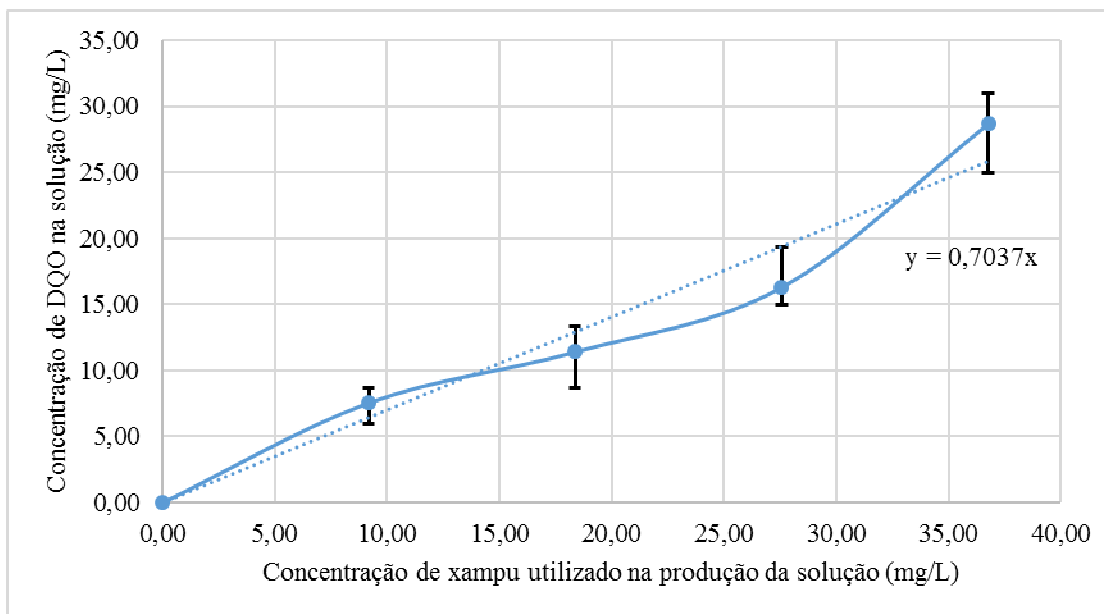
Assim como nos ST, a DQO apresentou certa proporcionalidade, que só não pôde ser melhor verificada em função das discrepância entre os resultados obtidos para as diferentes soluções com mesma quantidade de produto. Era de se esperar que os resultados para 25% e 50% do consumo diário fossem mais irregulares, porém o contrário foi observado, uma grande variação de resultados foi observada para as amostras contendo 75% e 100% do consumo diário.

Considerando a solução produzida com 100% do consumo diário, chegou-se ao resultado médio de 16,26 mg/L, que para um volume de 136 L, resulta em um total de aproximadamente 2,21 g. O valor médio reportado em literatura para a concentração de DQO da água residuária do lavatório (393,00 mg/L)⁶, multiplicado pelo volume médio proveniente desse ponto (15 L)⁶ totaliza 5,90 g. Fazendo um comparativo, o creme dental seria responsável por 37% da concentração de DQO na água cinza do lavatório. Já em relação ao esgoto doméstico (100 g DQO/hab.dia)⁸ apenas 2,21%.

b. Xampu

A Figura 7 apresenta o gráfico da concentração de DQO em função da quantidade de xampu presente nas amostras.

⁸ Valor retirado da Tabela 3 deste trabalho, que apresenta um resumo dos valores reportados por Metcalf & Eddy e AECOM (2014), von Sperling (2014), Jordão e Pessoa (2011).

Figura 7 – Concentração de DQO nas amostras produzidas com xampu.

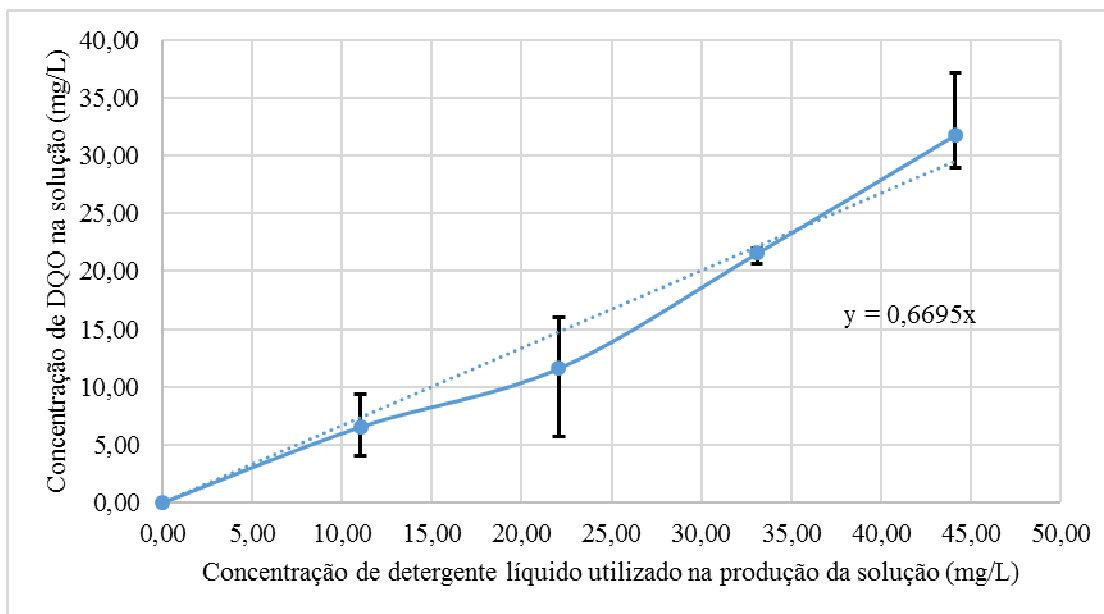
Fonte: Autor (2018).

Diferentemente do creme dental, o xampu apresentou menores discrepâncias entre os resultados das amostras. Entretanto, nota-se novamente, variações nos resultados para as amostras produzidas com maiores quantidades de produtos.

Considerando a solução produzida com 100% do consumo diário, chegou-se ao resultado médio de 28,67 mg/L, que para um volume de 136 L resulta em um total de aproximadamente 3,90 g. O valor médio reportado em literatura para a concentração de DQO da água residuária do chuveiro (440,00 mg/L)⁶, multiplicado pelo volume médio proveniente desse ponto (29 L)⁶ totaliza 12,76 g. Fazendo um comparativo, o xampu seria responsável por 30,5% da concentração de DQO na água cinza do chuveiro. Já em relação ao esgoto doméstico (100 g DQO/hab.dia)⁸ apenas 3,90%. Parcela de contribuição que mostra um aumento em relação ao creme dental, possivelmente em função da maior quantidade de produto utilizada diariamente.

c. Detergente líquido (lava-louças)

A Figura 8 apresenta o gráfico das concentrações de DQO em função da quantidade de detergente líquido utilizada na produção das amostras.

Figura 8 – Concentração de DQO nas amostras produzidas com detergente líquido.

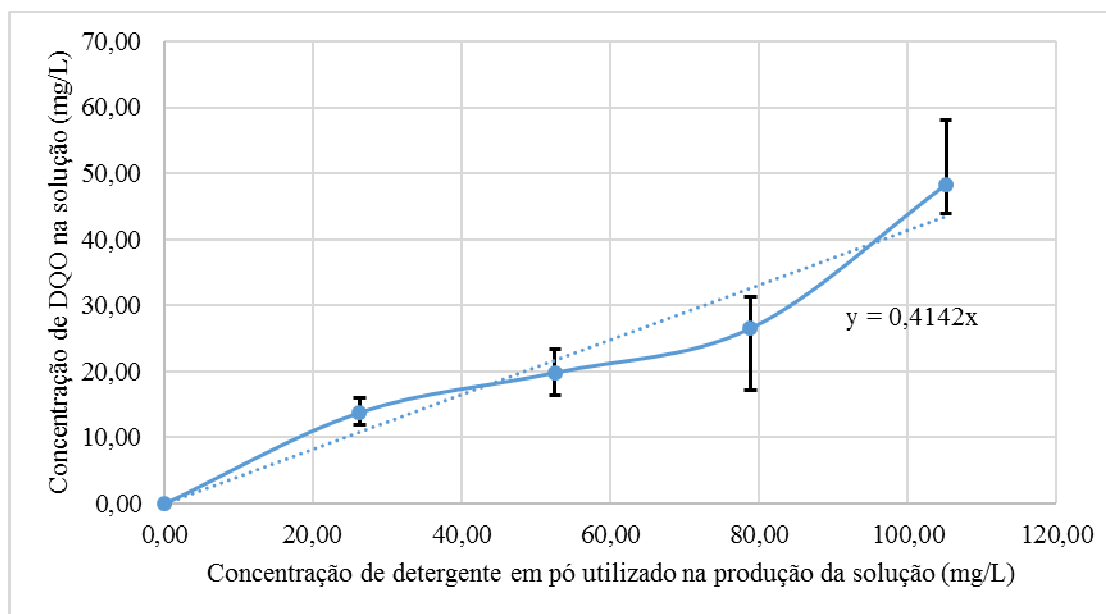
Fonte: Autor (2018).

A curva apresentou uma proporcionalidade, com um pequeno aumento percentual em relação às amostras contendo 75% e 100% da quantidade de produto utilizada. Vale ressaltar a precisão apresentada pelos resultados encontrados para 75%, todos ficaram bem próximos.

Considerando a solução produzida com 100% do consumo diário, chegou-se ao resultado médio de 31,78 mg/L, que para um volume de 136 L resulta em um total de aproximadamente 4,32 g. O valor médio reportado em literatura para a concentração de DQO da água residuária da pia da cozinha (1342,00 mg/L)⁶, multiplicado pelo volume médio proveniente desse ponto (20 L)⁶ totaliza 26,84 g. Fazendo um comparativo, o detergente líquido seria responsável por 16,1% da concentração de DQO na água cinza da pia da cozinha. Já em relação ao esgoto doméstico (100 g DQO/hab.dia)⁸ apenas 4,32%. Parcela que mostra um aumento em relação ao creme dental e xampu, possivelmente em função da quantidade de produto utilizada diariamente, que é um pouco maior que estes dois produtos.

d. Detergente em pó

A Figura 9 apresenta o gráfico das concentrações de DQO em função da quantidade de detergente em pó utilizada na produção das amostras.

Figura 9 – Concentração de DQO nas amostras produzidas com detergente em pó.

Fonte: Autor (2018).

Como para o parâmetro de ST o detergente em pó mostrou-se o maior contribuinte para a concentração de DQO do esgoto doméstico dentre os produtos analisados. Neste caso, a maior utilização do produto pode ser a única causa para tal fato, uma vez que o consumo diário de detergente em pó chega a ser até quatro vezes maior que os demais produtos. Novamente observou-se uma grande variação dos resultados para as amostras produzidas com maior quantidade de produto.

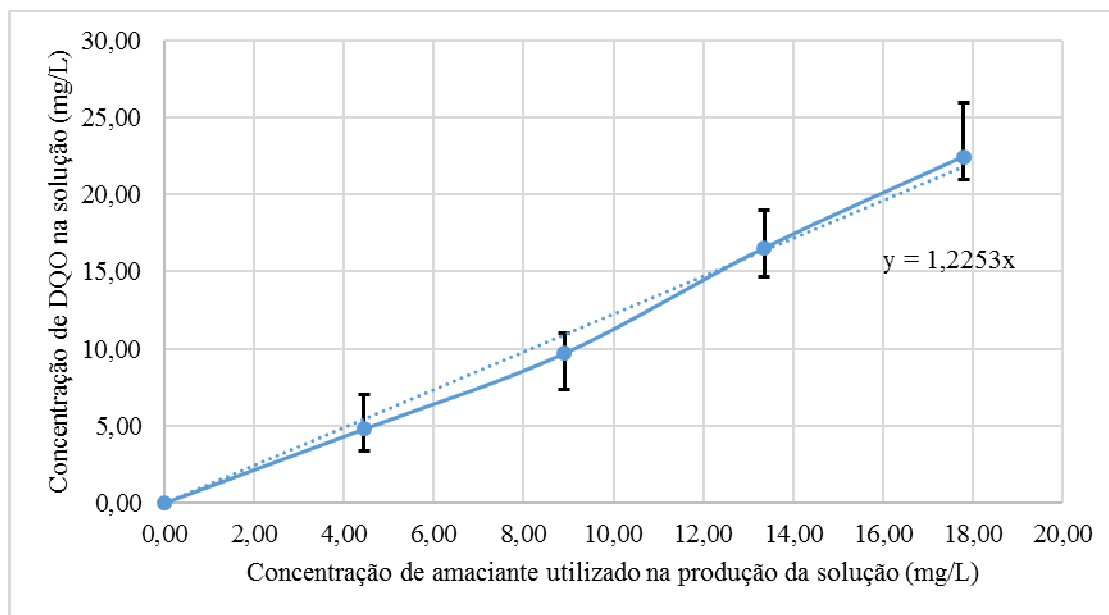
Considerando a solução produzida com 100% do consumo diário, chegou-se ao resultado médio de 48,33 mg/L, que para um volume de 136 L resulta em um total de aproximadamente 6,57 g. O valor médio reportado em literatura para a concentração de DQO da água residuária da máquina de lavar (1073,00 mg/L)⁶, multiplicado pelo volume médio proveniente desse ponto (19 L)⁶ totaliza 20,39 g. Fazendo um comparativo, o detergente em pó seria responsável por 32,2% da concentração de DQO na água cinza da máquina de lavar roupas. Vale ressaltar que a água residuária deste ponto contém outros produtos como amaciantes, branqueadores e as próprias impurezas presentes nas roupas.

Já em relação ao esgoto doméstico (100 g DQO/hab.dia)⁸ apenas 6,57%. Ao fazer uma relação com a quantidade de produto utilizada, esse percentual mostra-se inferior aos produtos analisados até agora.

e. Amaciante de roupas

A Figura 10 apresenta o gráfico das concentrações de DQO em função da quantidade de amaciante de roupas utilizada na produção das amostras.

Figura 10 – Concentração de DQO nas amostras produzidas com amaciante de roupas concentrado.



Fonte: Autor (2018).

A partir do gráfico foi possível perceber uma maior linearidade nos resultados em comparação com os demais produtos. Mais uma vez os resultados para as amostras contendo 100% do consumo diário foram mais discrepantes.

Considerando a solução produzida com 100% do consumo diário, chegou-se ao resultado médio de 22,45 mg/L, que para um volume de 136 L resulta em um total de aproximadamente 3,05 g. Fazendo um comparativo com os 20,39 g de DQO da água residuária da máquina de lavar, o amaciante seria responsável por 14,96% dessa concentração. O detergente em pó e o amaciante seriam responsáveis por quase metade da DQO da água residuária da lavagem de roupas. Já em relação ao esgoto doméstico (100 g DQO/hab.dia)⁸ apenas 3,05%.

f. Soma dos produtos

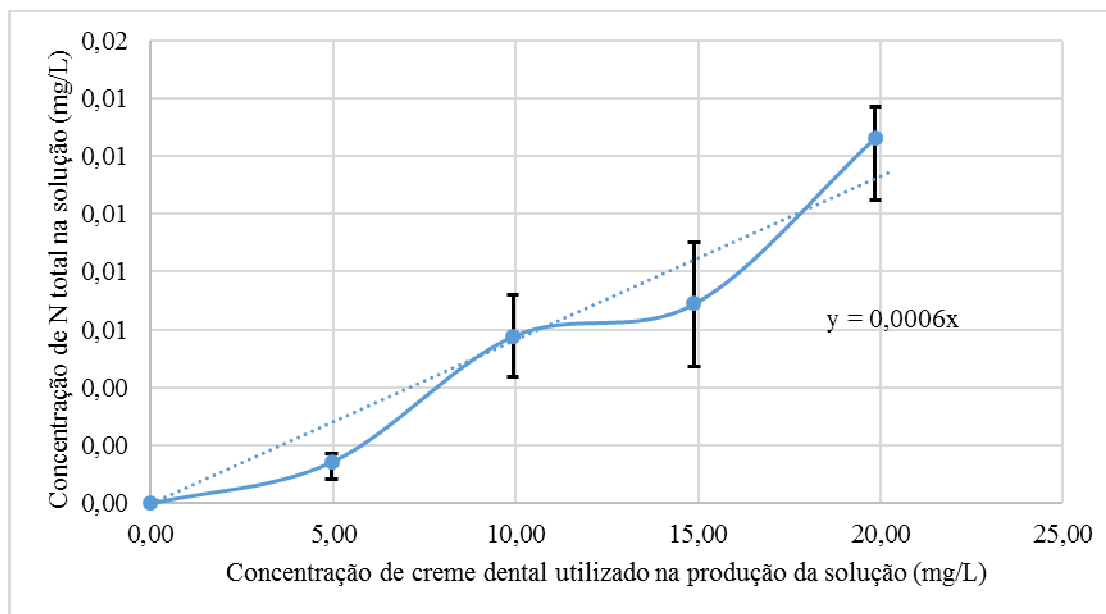
A partir da soma dos percentuais de contribuição apresentados pelos produtos, chegou-se ao valor de 20,05%, sendo o detergente em pó principal responsável por essa alteração de qualidade, porém esperava-se uma maior contribuição deste produto em função da grande quantidade utilizada. Como as amostras analisadas possuem somente água destilada e os produtos de higiene pessoal e limpeza, este são responsáveis por uma parcela considerável na alteração da concentração de DQO nas soluções.

4.4 NITROGÊNIO TOTAL

a. Creme dental

A Figura 11 apresenta o gráfico da concentração de Nitrogênio Total em função da quantidade de creme dental presente nas amostras.

Figura 11 – Concentração de Nitrogênio total nas amostras produzidas com creme dental.



Fonte: Autor (2018).

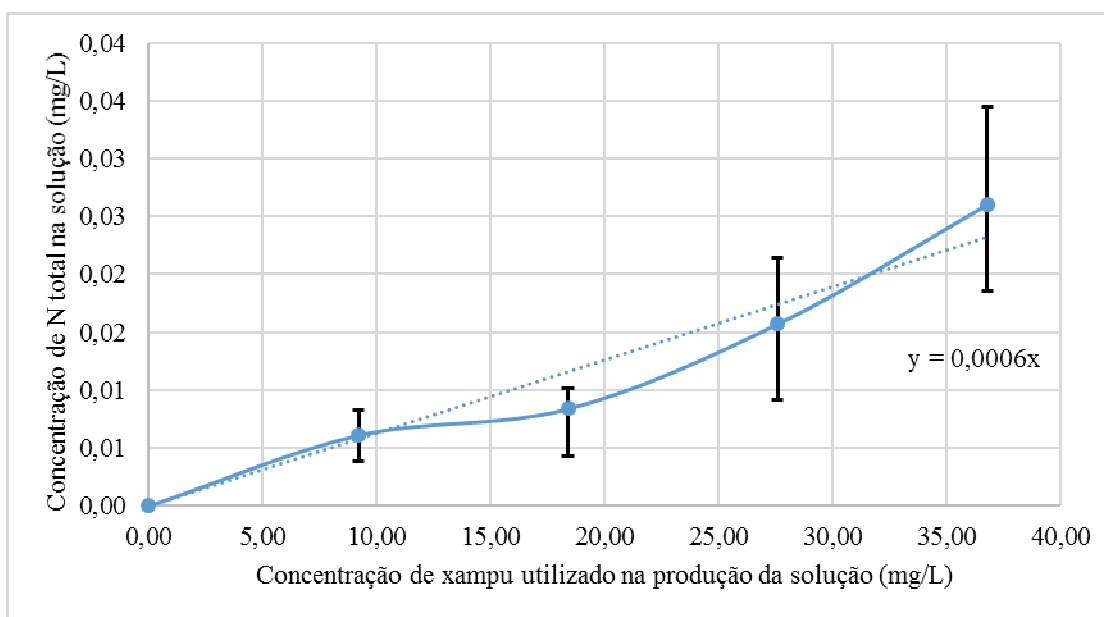
Assim como nos ST e DQO percebeu-se uma proporcionalidade, que só não pôde ser melhor verificada em função das discrepância entre os resultados obtidos para as diferentes soluções com mesma quantidade de produto.

Considerando a solução produzida com 100% do consumo diário, chegou-se ao resultado médio de 0,013 mg/L, que para um volume de 136 L resulta em um total de aproximadamente 1,77 mg. O valor médio reportado em literatura para a concentração de Nitrogênio Total da água residuária do lavatório (7,00 mg/L)⁶, multiplicado pelo volume médio proveniente desse ponto (15 L)⁶ totaliza 105 mg. Fazendo um comparativo, o creme dental seria responsável por 1,69% da concentração de Nitrogênio Total na água cinza do lavatório. Já em relação ao esgoto doméstico (8,0 g N/hab.dia)⁹ apenas 0,02%.

b. Xampu

A Figura 12 apresenta o gráfico da concentração de Nitrogênio Total em função da quantidade de xampu presente nas amostras.

Figura 12 – Concentração de Nitrogênio total nas amostras produzidas com xampu.



Fonte: Autor (2018).

Os resultados das amostras produzidas com xampu apresentaram grande divergências principalmente para as maiores quantidades de produtos, o que não era

⁹ Valor retirado da Tabela 4 deste trabalho, que apresenta um resumo dos valores reportados por Metcalf & Eddy e AECOM (2014), von Sperling (2014), Jordão e Pessoa (2011).

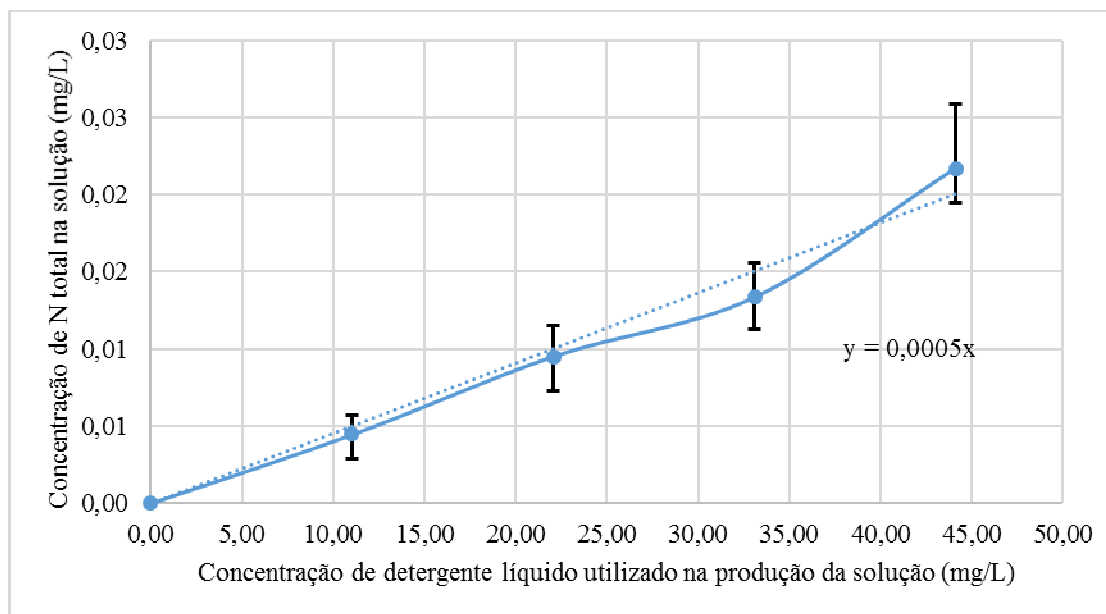
esperado. Uma justificativa seria as pequenas concentrações, que são passíveis de apresentar grandes erros com pequenas interferências.

Considerando a solução produzida com 100% do consumo diário, chegou-se ao resultado médio de 0,026 mg/L, que para um volume de 136 L resulta em um total de aproximadamente 3,54 mg. O valor médio reportado em literatura para a concentração de Nitrogênio Total da água residuária do chuveiro (8,5 mg/L)⁶, multiplicado pelo volume médio proveniente desse ponto (29 L)⁶ totaliza 246,5 mg. Fazendo um comparativo, o xampu seria responsável por 1,44% da concentração de Nitrogênio Total na água cinza do chuveiro. Já em relação ao esgoto doméstico (8,0 g N/hab.dia)⁹ apenas 0,05%.

c. Detergente líquido (lava-louças)

A Figura 13 apresenta o gráfico das concentrações de Nitrogênio Total em função da quantidade de detergente líquido utilizada na produção das amostras.

Figura 13 – Concentração de Nitrogênio total nas amostras produzidas com detergente líquido.



Fonte: Autor (2018).

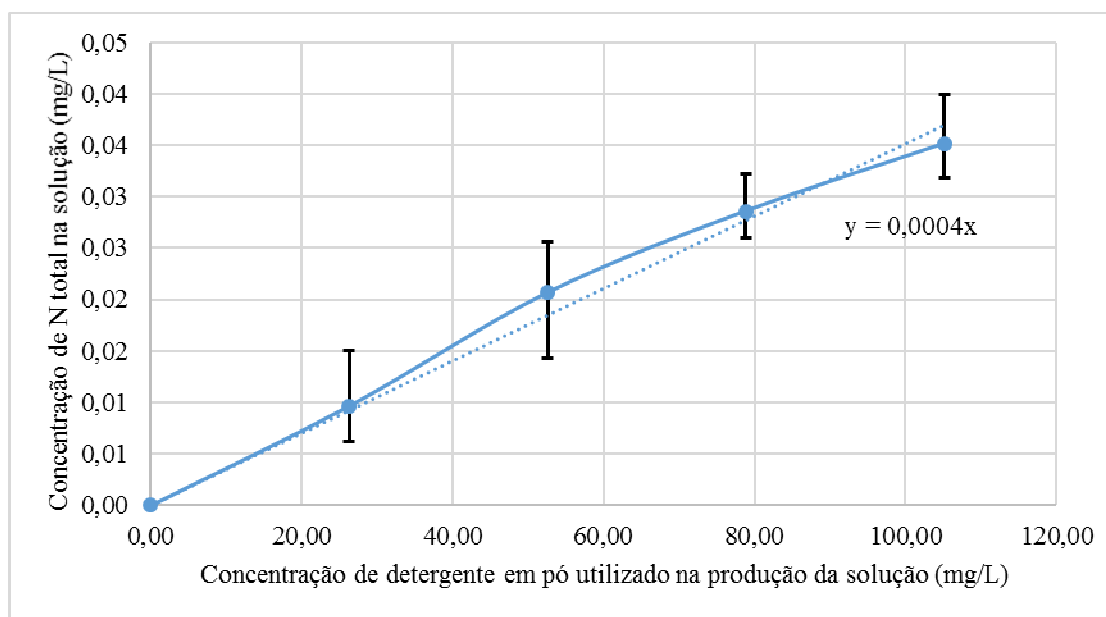
Assim como alguns dos outros gráficos apresentados, a concentração de Nitrogênio Total nas amostras contendo 100% do consumo diário de detergente líquido sofreu grande variação. Novamente a provável causa seriam as baixas concentrações.

Considerando a solução produzida com 100% do consumo diário, chegou-se ao resultado médio de 0,022 mg/L, que para um volume de 136 L resulta em um total de aproximadamente 2,99 mg. O valor médio reportado em literatura para a concentração de Nitrogênio Total da água residuária da pia da cozinha (22,5 mg/L)⁶, multiplicado pelo volume médio proveniente desse ponto (20 L)⁶ totaliza 603,9 mg. Fazendo um comparativo, o detergente líquido seria responsável por 0,5% da concentração de Nitrogênio Total na água cinza da pia da cozinha. Já em relação ao esgoto doméstico (8,0 g N/hab.dia)⁹ apenas 0,04%.

d. Detergente em pó

A Figura 14 apresenta o gráfico das concentrações de Nitrogênio Total em função da quantidade de detergente em pó utilizada na produção das amostras.

Figura 14 – Concentração de Nitrogênio total nas amostras produzidas com detergente em pó.



Fonte: Autor (2018).

Mais uma vez, como nos outros parâmetros, os resultados para as amostras contendo detergente em pó foram superiores. Novamente, a maior utilização do produto pode ser a única causa para tal fato, uma vez que o consumo diário de detergente em pó chega a ser

até quatro vezes maior que os demais produtos. Percebe-se uma grande variação nas quatro faixas de quantidade de produto.

Considerando a solução produzida com 100% do consumo diário, chegou-se ao resultado médio de 0,035 mg/L, que para um volume de 136 L resulta em um total de aproximadamente 4,76 mg. O valor médio reportado em literatura para a concentração de Nitrogênio Total da água residuária da máquina de lavar (12,30 mg/L)⁶, multiplicado pelo volume médio proveniente desse ponto (19 L)⁶ totaliza 233,7 mg. Fazendo um comparativo, o detergente em pó seria responsável por 2,04% da concentração de Nitrogênio Total na água cinza da máquina de lavar roupas. Valor que representa um aumento em relação aos demais produtos analisados. Já em relação ao esgoto doméstico (8,0 g N/hab.dia)⁹ apenas 0,06%.

e. Amaciante de roupas

Os resultados para as amostras contendo amaciante de roupas concentrado ficaram abaixo de 0,001 mg/L, não sendo considerados neste trabalho em função dos níveis de detecção dos aparelhos utilizados nos ensaios.

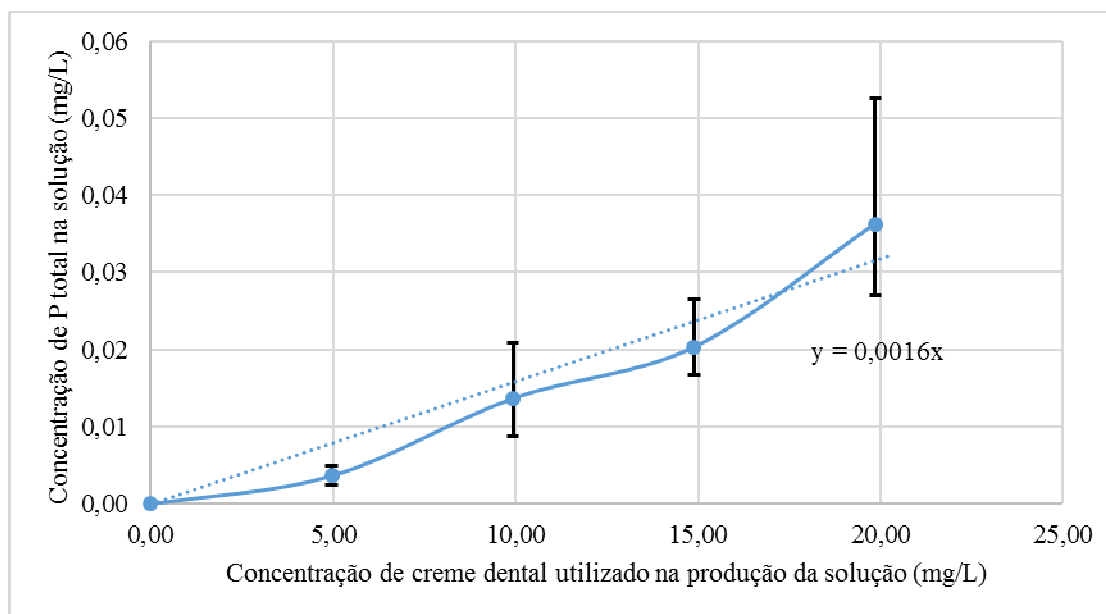
f. Soma dos produtos

A partir da soma dos percentuais de contribuição apresentados pelos produtos, chegou-se ao valor de 0,17%. Pode-se inferir que os produtos de higiene pessoal e limpeza analisados não contribuem de forma relevante para a alteração do Nitrogênio Total nas soluções analisadas.

4.5 FÓSFORO TOTAL

a. Creme dental

A Figura 15 apresenta o gráfico da concentração de Fósforo total em função da quantidade de creme dental presente nas amostras. Os resultados para os demais produtos ficaram abaixo dos valores de 0,001 mg/L, não sendo considerados neste trabalho em função dos níveis de detecção dos aparelhos utilizados nos ensaios.

Figura 15 – Concentração de Fósforo total nas amostras produzidas com creme dental.

Fonte: Autor (2018).

Como único contribuinte para a concentração de Fósforo total, a média que representa um consumo diário de 100% de creme dental é de 0,036 mg/L. Multiplicando-se este valor por 136 L, que é o volume per capita de esgoto utilizado como referência neste trabalho, tem-se 4,90 mg. O valor médio reportado em literatura para a concentração de Fósforo Total da água residuária do lavatório (0,8 mg/L)⁶, multiplicado pelo volume médio proveniente desse ponto (15 L)⁶ totaliza 12 mg. Fazendo um comparativo, o detergente em pó seria responsável por 40,83% da concentração de Fósforo Total na água cinza do lavatório.

Em comparação com o valor médio reportado em literatura para este parâmetro, no esgoto doméstico, apresentados pela Tabela 5 (1 g/hab.d), o valor médio encontrado pela análise das amostras representa aproximadamente 0,49%.

Eram esperados resultados representativos para as análises de Fósforo Total nas amostras contendo detergente líquido, o que não se concretizou. Uma possível justificativa seria a reformulação sofrida por esses produtos, que teve como intuito, reduzir a poluição hídrica provocada por esse nutriente.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

Foi estudado neste trabalho a influência dos produtos de higiene pessoal e limpeza para a qualidade de amostras produzidas com água destilada. A avaliação foi feita através da análise de soluções produzidas com tais produtos, variando-se a concentração de produto em função da quantidade consumida/recomendada por dia (25%, 50%, 75% e 100%). Foram feitos ensaios laboratoriais analisando os parâmetros que dizem respeito à quantidade de matéria orgânica biodegradável no esgoto, ou que possuíam influência direta, como exemplo a eutrofização.

No geral, os produtos de higiene e limpeza apresentaram pequenas contribuições para os nutrientes que favorecem a eutrofização (Nitrogênio total e Fósforo total). Uma contribuição um pouco maior pôde ser observada para ST (12,34%) e DQO (20,05%) do esgoto doméstico. Inicialmente todas as amostras seriam analisadas para o parâmetro DBO, porém em função dos baixos resultados que se encontravam fora da faixa de precisão dos aparelhos optou-se por não dar continuidade.

Na análise ponto a ponto, o creme dental apresentou uma pequena contribuição para os parâmetro ST e DQO e foi o único produto a apresentar contribuição para fósforo total. Já o xampu e o detergente líquido apresentaram pequenas contribuições médias para os parâmetros, apenas a relação com a DQO do primeiro mostrou-se ligeiramente mais alta que a do segundo. O detergente em pó mostrou-se um dos maiores contribuintes para a alteração de ST e DQO, em relação aos outros produtos. O parâmetro menos afetado pelos produtos de higiene pessoal e limpeza analisados neste trabalho, foi o fósforo total, onde apenas o creme dental provocou alterações neste parâmetro.

Todos os parâmetros que apresentaram resultados dentro da faixa de detecção dos aparelhos, mostraram uma certa proporcionalidade entre a quantidade de produto e a alteração do parâmetro. Tal fato só não foi mais perceptível devido à algumas discrepâncias apresentadas pelos resultados, que ocorrem principalmente por causa das baixas concentrações encontradas. Outro fator relevante são os erros de amostragem e operação dos quais os experimentos estão sujeitos.

A principal contribuição deste trabalho foi no sentido de mostrar que nos esforços para reduzir a poluição hídrica, a redução do consumo dos produtos pode ser ponto crucial. Os estudos feitos neste trabalho são de caráter geral. Como perspectivas futuras podem ser realizados novos ensaios com outros produtos e analisado possíveis interferências relacionadas às marcas utilizadas. Além disso, a composição dos produtos de higiene pessoal e limpeza apresentam diversos compostos xenobióticos que podem contribuir com outras formas de poluição além da orgânica. Por fim, é necessário que se faça uma avaliação completa da quantidade de produtos utilizados e sua real necessidade uma vez que nem sempre uma maior quantia utilizada é sinônimo de efetividade na limpeza.

REFERÊNCIAS

ABIPLA, Associação Brasileira Das Industrias De Produtos De Limpeza E Afins. **Anuário 2016**. 11. ed. São Paulo: Bb Editora, 2016. Disponível em: <<http://www.abipla.org.br/Admin/Files//Uploads/1/2017-01-04/Anuário 2016.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

ABRAS, Associação Brasileira De Supermercados. Líderes de vendas. **Superhiper**, São Paulo, v. 43, n. 488, p. 46-217, mar. 2017. Disponível em: <<http://www.abras.com.br/edicoes-anteriores/main.php?magid=7>>. Acesso em: 19 abr. 2017.

ALMEIDA, M. C; BUTLER, D; FRIEDLER, E. At-source domestic wastewater quality. **Urban Water**, v. 1, n. 1, p.49-55, mar. 1999. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462075899000084>>. Acesso em: 06 jun. 2017.

ALPHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**, 20. ed. Washington: American Public Health Association, 1999.

ARAUJO, Roberto de. O Esgoto Sanitário. In: NUVOLARI, Ariovaldo (Comp.). **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. p. 37-58.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

BAZZARELLA, Bianca Barcellos. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações**. 2005. 165 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6573_Bazzarella_BB_2005.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2017.

- CHANG, Y.; WAGNER, M.; CORNEL, P.. Treatment of grey water for urban water reuse. **Technische Universität Darmstadt, institut WAR**, Darmstadt, 2007. Disponível em: <<http://www.susana.org/en/resources/library/details/1463>>. Acesso em: 25 mai. 2017.
- DALTIN, Decio. **Tensoativos: Química, propriedades e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2011. 330 p.
- DAUGHTON, Christian G.. Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Overarching Issues and Overview. **Acs Symposium Series**, p.2-38, jul. 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1021/bk-2001-0791.ch001>>. Acesso em: 04 dez. 2017.
- EDWIN, Golda A.; GOPALSAMY, Poyyamoli; MUTHU, Nandhivarman. Characterization of domestic gray water from point source to determine the potential for urban residential reuse: a short review. **Applied Water Science**, v. 4, n. 1, p.39-49, set. 2013. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-013-0128-8>>. Acesso em: 30 set. 2017.
- ERIKSSON, Eva et al. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**, v. 4, n. 1, p.85-104, mar. 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/257587685_Characteristics_of_Grey_Wastewater>. Acesso em: 25 maio 2017.
- FRIEDLER, E.. Quality of Individual Domestic Greywater Streams and its Implication for On-Site Treatment and Reuse Possibilities. **Environmental Technology**, v. 25, n. 9, p.997-1008, set. 2004. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09593330.2004.9619393>>. Acesso em: 30 set. 2017.
- GONZÁLEZ, Susana; LÓPEZ-ROLDÁN, Ramón; CORTINA, Jose-luis. Presence and biological effects of emerging contaminants in Llobregat River basin: A review. **Environmental Pollution**, v. 161, p.83-92, fev. 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749111005604>>. Acesso em: 16 maio 2017.
- HIBBS, John. Anionic Surfactants. In: FARN, Richard J. (Comp.). **Chemistry and technology of surfactants**. 1. ed. Nova Deli: Blackwell Publishing, 2006. p. 91-132.
- HEPWORTH, Paul. Non-ionic Surfactants. In: FARN, Richard J. (Comp.). **Chemistry and technology of surfactants**. 1. ed. Nova Deli: Blackwell Publishing, 2006. p. 133-152.
- HOPKINS, Zachary R.; BLANEY, Lee. An aggregate analysis of personal care products in the environment: Identifying the distribution of environmentally-relevant concentrations. **Environment International**, v. 92-93, p.301-316, jul. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412016301556>>. Acesso em: 16 maio 2017.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas de população para 1º de julho de 2015**. Atualização em 2017. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_tcu.shtm>. Acesso em: 12 jul. 2017.

JAMRAH, Ahmad et al. Assessment of availability and characteristics of Greywater in Amman. **Water International**, v. 31, n. 2, p.210-220, jun. 2006. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02508060.2006.9709671>>. Acesso em: 30 set. 2017.

JIANG, Jia-qian; ZHOU, Z.; SHARMA, V.k.. Occurrence, transportation, monitoring and treatment of emerging micro-pollutants in waste water — A review from global views. **Microchemical Journal**, v. 110, p.292-300, set. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.microc.2013.04.014>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X13000829>>. Acesso em: 16 maio 2017.

JIWKOK, Supattra et al. The potential for decentralized reclamation and reuse of household greywater in peri-urban areas of Bangkok. **Water And Environment Journal**, v. 27, n. 2, p.229-237, 20 ago. 2012. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1747-6593.2012.00355.x/full#references>>. Acesso em: 25 maio 2017.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011. 1050 p.

KARSA, David R.. What are surfactants?. In: FARN, Richard J. (Comp.). **Chemistry and technology of surfactants**. 1. ed. Nova Deli: Blackwell Publishing, 2006. p. 1-23.

KAGLE, Jeanne et al. Chapter 3 Biodegradation of Pharmaceutical and Personal Care Products. **Advances In Applied Microbiology**, p.65-108, 2009. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2164\(08\)01003-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2164(08)01003-4)>. Acesso em: 04 dez. 2017.

LONDOÑO, Y. A.; PEÑUELA, G. A.. Study of anaerobic biodegradation of pharmaceuticals and personal care products: application of batch tests. **International Journal Of Environmental Science And Technology**, set. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/320022825_Study_of_anaerobic_biodegradation_of_pharmaceuticals_and_personal_care_products_application_of_batch_tests>. Acesso em: 04 dez. 2017.

MACKAY, Donald; BARNTHOUSE, Lawrence. Integrated risk assessment of household chemicals and consumer products: Addressing concerns about triclosan. **Integrated Environmental Assessment And Management**, v. 6, n. 3, p.390-392, mar. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/ieam.73>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

METCALF & EDDY; AECOM. **Wastewater engineering: Treatment and Resource Recovery**. 5 ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014. 2018 p.

NUVOLARI, Ariovaldo. O Lançamento in natura e seus impactos. In: NUVOLARI, Ariovaldo (Comp.). **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reúso Agrícola**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. p. 189-224.

OTTERSON, Richard. What are surfactants?. In: FARN, Richard J. (Comp.). **Chemistry and technology of surfactants**. 1. ed. Nova Deli: Blackwell Publishing, 2006. p. 170-185.

PECK, Aaron M.. Analytical methods for the determination of persistent ingredients of personal care products in environmental matrices. **Analytical And Bioanalytical Chemistry**, v. 386, n. 4, p.907-939, set. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00216-006-0728-3>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

PENTEADO, José Carlos P.; SEOUD, Omar A. El; CARVALHO, Lilian R. F.. Alquilbenzeno sulfonato linear: uma abordagem ambiental e analítica. **Química Nova**, v. 29, n. 5, p.1038-1046, out. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422006000500025>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

ROSEN, Milton J.; KUNJAPPU, Joy T.. **Surfactants and interfacial phenomena**. 4. ed. Nova Jersey: Wiley, 2012. 616 p.

SALOMÃO, Karin. P&G para de fabricar Ariel em pó e fecha fábrica. **Exame**, São Paulo, ago. 2016. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/p-g-para-de-fabricar-ariel-em-po-e-fecha-fabrica/>>. Acesso em: 02 out. 2017.

SANT'ANNA JR., Geraldo Lippel. **Tratamento biológico de efluentes: Fundamentos e Aplicações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. 424 p.

SURENDRAN, S.; WHEATLEY, A. D.. Grey-Water Reclamation for Non-Potable Re-Use. **Water And Environment Journal**, v. 12, n. 6, p.406-413, dez. 1998. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1747-6593.1998.tb00209.x/full>>. Acesso em: 06 jun. 2017.

TADROS, Tharwat F.. **An introduction to surfactants**. 1 ed. Berlim, Boston: DE GRUYTER, 2014. 224 p.

TIJANI, Jimoh O. et al. Pharmaceuticals, endocrine disruptors, personal care products, nanomaterials and perfluorinated pollutants: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 14, n. 1, p.27-49, 9 nov. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10311-015-0537-z>. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-015-0537-z>>. Acesso em: 16 maio 2017.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 452 p.

ZAVALA, Miguel López; ESTRADA, Eunice Espinoza. The Contribution of the Type of Detergent to Domestic Laundry Graywater Composition and Its Effect on Treatment Performance. **Water**, v. 8, n. 5, p.214-224, 20 maio 2016. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2073-4441/8/5/214>>. Acesso em: 22 maio 2017.