

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

EDVAN SANTOS DE OLIVEIRA JÚNIOR

**PRODUÇÃO E TESTES DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS PARA
DETERMINAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE UM NOVO
DETERGENTE A SER IMPLANTADO NO MERCADO**

JOÃO PESSOA

2018

EDVAN SANTOS DE OLIVEIRA JÚNIOR

**PRODUÇÃO E TESTES DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS PARA
DETERMINAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE UM NOVO
DETERGENTE A SER IMPLANTADO NO MERCADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

JOÃO PESSOA

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

J95p Junior, Edvan Santos de Oliveira.
produção e testes de propriedades físico-químicas para
determinação e controle de qualidade de um novo
detergente a ser implantado no mercado / Edvan Santos
de Oliveira Junior. - João Pessoa, 2018.
52 f.

Orientação: Fabíola Curbelo.
Monografia (Graduação) - UFPB/Tecnologia.

1. detergente, propriedades físico-químicas. I.
Curbelo, Fabíola. II. Título.

UFPB/BC

EDVAN SANTOS DE OLIVEIRA JÚNIOR

**PRODUÇÃO E TESTES DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS PARA
DETERMINAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE UM NOVO
DETERGENTE A SER IMPLANTADO NO MERCADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Departamento de Engenharia Química da
Universidade Federal da Paraíba como
requisito parcial à obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Química.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fabíola Dias da Silva Curbelo (Orientadora)
DEQ / CT / UFPB



Prof. Dr. Alfredo Luiz de Curbelo Garnica
DEQ / CT / UFPB



Prof. Dr. Ana Flávia Santos Coelho
DEQ / CT / UFPB

João Pessoa, 18 de Outubro de 2018.

AGRADECIMENTOS

À medida que se aproxima a conclusão de mais uma etapa na minha vida, a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba, gostaria de agradecer a todos que de alguma forma contribuíram de forma direta ou indireta na minha trajetória até o presente momento, agradecendo especialmente:

A Deus que me iluminou e me deu forças para não desistir frente a todos os obstáculos ao longo desses anos de graduação, sendo em todas as horas como diz o salmo 119 lâmpada para os meus pés e luz para o meu caminho.

À toda minha família e namorada, que mesmo longe estiveram sempre presente e me deram o suporte e apoio para conseguir encarar todos os dias as dificuldades dessa trajetória.

Aos meus amigos que mesmo longe sempre me apoiaram, em especial: Matheus Borba, Renan Isneri, Luiz Pedro, Natasha Felipe, Athos Henrique, José Carlos, Amanda Alves.

À minha orientadora Professora Fabíola, que aceitou prontamente a realização deste trabalho, principalmente pela sua dedicação, paciência, disponibilidade e cumplicidade. Bem como, à empresa PHIQ pelo apoio na realização deste trabalho na pessoa de Rosimeri Abreu.

Aos meus colegas e companheiros de curso, sem os quais eu não chegaria onde estou, em especial: José Neto, Heloísa Dantas, Raul Victor, Daniele da Cunha, Lucas Albuquerque.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse ao fim desta etapa.

Muito obrigado!

RESUMO

A primeira versão dos detergentes surgiu na Europa e eles eram obtidos da sulfatação dos álcoois graxos obtidos de gorduras animais e vegetais, seguida de neutralização por hidróxido de sódio. O produto é considerado uma unanimidade dos consumidores para a limpeza doméstica, crescendo a cada ano, ininterruptamente e atingindo em 2016 um valor comercializado de R\$1,5 bilhão. O termo detergente origina-se do latim “*detergere*”, que tem como significado limpar, fazer desaparecer. Diversos aspectos dos detergentes indicam sua qualidade e esses aspectos estão intimamente ligados a sua composição química e a função que cada componente desempenha. O objetivo deste trabalho é a produção de detergentes de diferentes composições químicas e a avaliação da qualidade desses produtos. Para tal, foram realizados cinco formulações de diferentes composições química, e avaliados os valores de pH, viscosidade, turvação, formação e estabilidade de espuma. Os resultados obtidos foram comparados com os resultados obtidos para doze detergentes comerciais. Por fim, foi escolhida uma amostra para ser produzida em escala comercial pela PHIQ – Philipéia Indústria Química LTDA.

Palavras-chave: Sabão, detergente, propriedades físico-químicas, qualidade.

ABSTRACT

The first version of the detergents came in Europe and they were obtained from the sulfation of fatty alcohols obtained from animal and vegetable fats followed by neutralization by sodium hydroxide. The product is considered unanimous of the consumers for domestic cleaning, growing every year, uninterruptedly and reaching in 2016 a commercial value of R \$ 1.5 billion. The term detergent comes from the Latin word *detergere*, which means to cleanse and make it disappear. Several aspects of detergents indicate their quality and these aspects are closely linked to their chemical composition and the function that each component plays. The objective of this work is the production of detergents of different chemical compositions and the evaluation of the quality of these products. For this, five formulations of different chemical compositions were made, and the values of pH, viscosity, turbidity, formation and foam stability were evaluated. The results obtained were compared with the results obtained for twelve commercial detergents. Finally, a sample was chosen to be produced on a commercial scale by PHIQ - Philipéia Indústria Química LTDA

Key-words: Soap, detergent, physical-chemical properties, quality.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Faturamento dos Países (em US\$ milhões) no Setor de Limpeza.....	13
Tabela 2 - Gasto Médio Anual por Domicílio com Produtos de Limpeza em 2016.....	14
Tabela 3 - Função dos Componentes das Formulações Obtidas em Laboratório.....	39
Tabela 4 - Composição Química das Formulações.....	44
Tabela 5 - Resultados Obtidos para a Análise de pH.....	44
Tabela 6 - Resultados Obtidos para a Análise de Viscosidade.....	45
Tabela 7 - Resultados Obtidos para a Análise do Ponto de Turvação.....	47
Tabela 8 - Resultados Obtidos para a Análise de Formação e Estabilidade de Espuma.	48
Tabela 9 - Panorama Geral dos Resultados Obtidos para as Amostras de Laboratório..	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Variação Anual do Volume Comercializado de Detergente para Louças.....	15
Figura 2 - Variação Anual do Valor Comercializado de Detergente para Louças.....	15
Figura 3 - Sequência de formação de espuma a partir da formação de bolhas de ar em solução.....	26
Figura 4 - Descrição e Caracterização Resumida do Mercado de Tensoativos no Brasil.....	30
Figura 5 – Agitador Mecânico.....	38
Figura 6 – pHmetro.....	40
Figura 7 - Viscosímetro por Torque.....	41
Figura 8 - Amostras em Geladeira para Determinação do Ponto de Turvação.....	41
Figura 9 - Determinação da Formação e Estabilidade de Espuma.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABIPLA – Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Limpeza e Afins

ABS - Alquilbenzeno Sulfonatos Ramificado (ABS)

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CMC – Concentração Micelar Crítica

DC_n – Detergente Comercial (n = 1, 2, 3,...,12)

DL – Dose Letal

F_n – Formulação (n = 1, 2, 3, 4, 5)

HF – Ácido Fluorídrico

HNO₃ – Ácido Nítrico

H₂SO₄ – Ácido Sulfúrico

LAS – Alquilbenzeno Sulfonato Linear

NaCl – Cloreto de Sódio

Na₂O – Óxido de Sódio

NaOH – Hidróxido de Sódio

rpm – Rotações por Minuto

SiO₂ – Sílica

SPQ – Sociedade Portuguesa de Química

V_f = Volume de espuma estabilizada

V_i = Volume de espuma instantânea

V_s = Volume de solução

SUMÁRIO

1. Introdução	13
2. Objetivos.....	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
3. Fundamentação Teórica	16
3.1 Histórico	16
3.2 Definição	19
3.3 Sabões e Detergentes (Similaridades e Diferenças)	19
3.4 Aspectos Gerais	21
3.4.1 Biodegradabilidade	21
3.4.2 Fenômeno da Detergência.....	22
3.4.3 Viscosidade e Turbidez.....	23
3.4.4 pH.....	24
3.4.5 Espuma.....	25
3.5 Classificação	27
3.6 Tipos de Detergentes	28
3.6.1 Agentes Tensoativos ou Surfactantes	29
3.6.1.1 Tensoativos Aniônicos	30
3.6.1.2 Tensoativos Catiônicos	31
3.6.1.1 Tensoativos Não-iônicos.....	31
3.6.1.1 Tensoativos Anfóteros	32
3.7 Composição dos Detergentes.....	33
3.7.1 Reguladores de Espuma.....	33
3.7.2 Reforçadores	34
3.7.3 Aditivos.....	35
3.7.3.1 Inibidores de Corrosão	35
3.7.3.2 Inibidores de Mancha.....	36

3.7.3.3 Agentes de Suspensão	36
3.7.3.4 Perfumes e Corantes.....	37
4. Procedimento Experimental	37
4.1 Fabricação dos Detergentes	38
4.2 Determinação de pH	40
4.3 Determinação de Viscosidade.....	40
4.4 Determinação do Ponto de Turvação.....	41
4.5 Determinação da Formação e Estabilidade de Espuma	42
5. Resultados e Discussões.....	43
6. Conclusões	50
7. Referências Bibliográficas	50

1. Introdução

O mercado de produtos de limpeza tem registrado crescimento ao longo dos anos e se tornado um setor cada vez mais lucrativo no Brasil e no mundo. Em relação ao mercado mundial, o Brasil se encontra na quarta posição, estando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Japão. Esse setor ocupa uma parcela importante do mercado mundial, isto porque é um produto essencial tanto nos domicílios quanto em estabelecimentos comerciais e industriais. A **Tabela 1** mostra o faturamento dos países (em US\$ milhões) no setor de limpeza.

Tabela 1 - Faturamento dos Países (em US\$ milhões) no Setor de Limpeza

Países	2015 (US\$ Milhões)	2016 (US\$ Milhões)	Variação % 16-15
Estados Unidos	25.530,00	27.456,70	7,5
China	15,512,80	15.402,40	-0,7
Japão	7.975,90	9.111,50	14,2
Brasil	5.861,40	6.162,30	5,1
Reino Unido	5.712,40	5.126,10	-10,3
Alemanha	4.834,30	4.939,80	2,2
França	4.801,10	4.836,00	0,7
Índia	4.366,00	4.630,00	6,0
Itália	4.026,70	3.939,00	-2,2
México	3.526,70	3.241,1	-9,0

Fonte: ABIPLA, 2017, p. 74.

Segundo a ABIPLA (2017), (Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Limpeza e Afins), esse setor alcança 100% dos domicílios e estabelecimentos comerciais, industriais e de serviços, atingindo o patamar de quase 50 mil empregos diretos.

Dez principais categorias são responsáveis por 85% do faturamento do segmento de produtos de limpeza, são elas: água sanitária, alvejantes, amaciantes, concentrados de limpeza, detergentes (para lavar louça e para lavar roupa), desinfetantes, esponjas sintéticas, inseticidas, limpadores para banheiro e sabões em barra.

Ainda segundo a ABIPLA (2017), a Indústria Brasileira de Produtos de Higiene e Limpeza Doméstica e Profissional registrou, em 2016, um gasto médio anual por domicílio de R\$398,33, que corresponde a um aumento de 14,2% em relação ao ano de 2015, impulsionado por uma elevação de 3,6% no volume médio vendido e 10% nos preços médios de venda.

A **Tabela 2** mostra o gasto médio anual por domicílio com produtos de limpeza em 2016, para as diferentes classes da sociedade brasileira. A ABIPLA (2017) afirma que o principal propulsor foi a classe econômica A+B, detentora de um aumento de 16% no ano, com gasto de R\$470,19 frente aos R\$401,70 de 2015, seguida pela classe C, que totalizou um aumento de 14,3%. A participação em volume da cesta de limpeza no consumo total de bens não duráveis de 2016 não registrou alteração em relação ao ano de 2015.

Tabela 2 - Gasto Médio Anual por Domicílio com Produtos de Limpeza em 2016

Classe	Gasto Médio (R\$)
A/B	470,19
C	378,46
D/E	321,42
Total	389,32

Fonte: ABIPLA, 2017, p. 70.

Categoria basilar presente na maioria dos lares brasileiros, estabelecimentos, bares e restaurantes comerciais e industriais, os detergentes para lavar louça apresentaram uma pequena retração diante do volume comercializado em 2016. Porém, registraram o maior aumento do valor comercializado, 9,3%, e superaram a marca de R\$ 1,5 bilhão (ABIPLA, 2017).

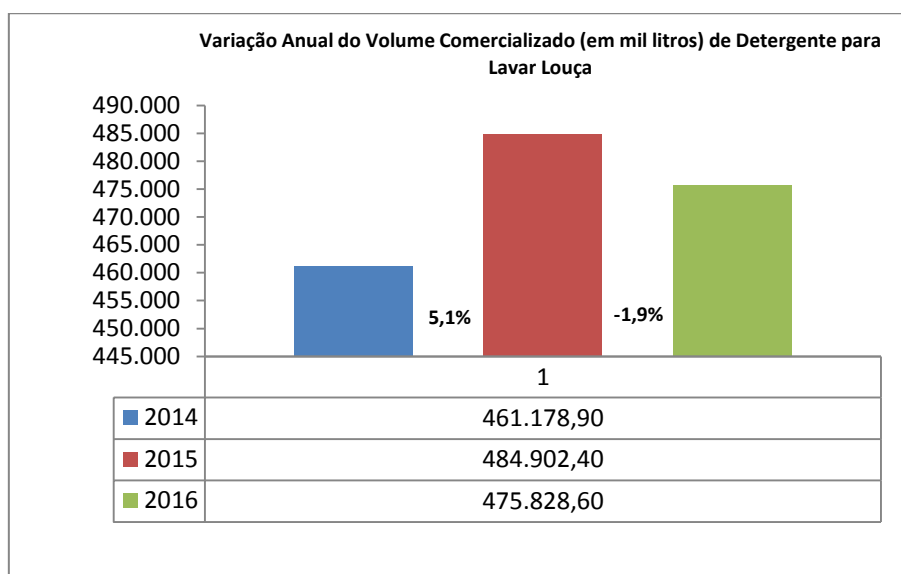
O produto é considerado uma unanimidade pelos consumidores para a limpeza doméstica, associado à economia de tempo, água, bem-estar, praticidade e estilo na cozinha (ABIPLA, 2016).

Crescendo a cada ano, ininterruptamente, em valor, os investimentos em produtos mais versáteis e aplicados aos diversos tipos de sujeiras e preferências têm impulsionado o aumento da categoria. Embora, com o retrocesso do mercado, adverso, menos confiante, restrito economicamente em 2015, o segmento tenha sofrido com o

aumento da fabricação informal, da concorrência desleal e da queda nas compras de 1,9%, na passagem de 2014 para 2015. A primeira queda no histórico recente da economia brasileira, associada à deterioração do mercado de consumo, trabalho e orçamento das famílias (ABIPLA, 2016).

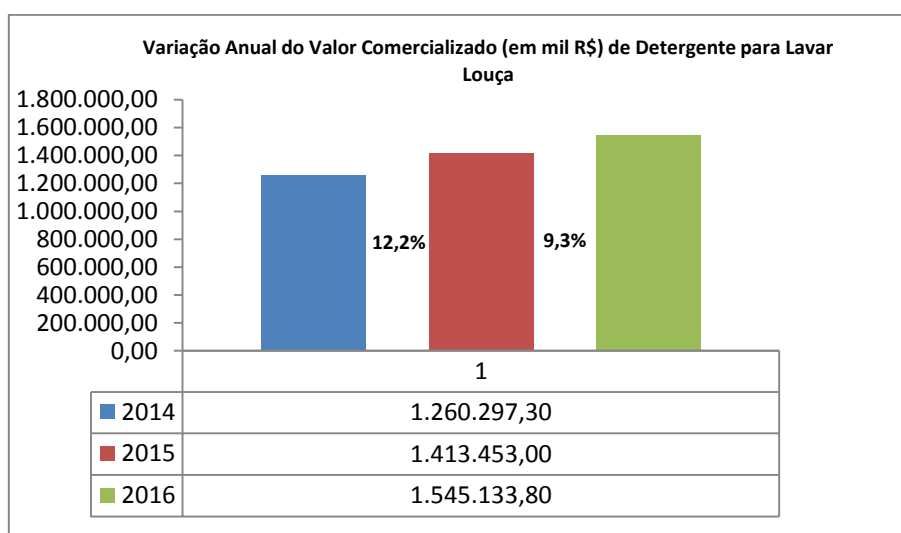
As **Figuras 1 e 2**, mostram respectivamente, a variação anual do volume comercializado (em mil litros) e do valor comercializado (em R\$ mil), do setor de detergente para louças.

Figura 1 - Variação Anual do Volume Comercializado de Detergente para Louças



Fonte: ABIPLA, 2017, p. 52.

Figura 2 - Variação Anual do Valor Comercializado de Detergente para Louças



Fonte: ABIPLA, 2017, p. 52.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo geral, produzir em laboratório, cinco detergentes de diferentes composições.

2.2 Objetivos Específicos

Este trabalho teve como objetivos específicos:

- i. Realizar testes de propriedades físico-químicas nos detergentes produzidos em laboratório, sendo elas, determinação de pH, determinação de viscosidade, determinação do ponto de turvação, determinação da formação e estabilidade de espuma;
- ii. Realizar os mesmos testes de propriedades físico-químicas em detergentes comerciais;
- iii. Fazer uma comparação entre os resultados obtidos para os detergentes produzidos em laboratório e os detergentes comerciais;
- iv. Escolher, entre os detergentes produzidos em laboratório o mais ideal a ser produzido em escala comercial.

3. Fundamentação Teórica

3.1 Histórico

O sabão, cuja época e local exato de aparecimento são ignorados, é o marco de entrada no campo dos detergentes. As matérias primas para sua manufatura eram substâncias alcalinas, obtidas das cinzas de plantas, e gorduras animais (CASTRO, 2009).

O sabão, na verdade, nunca foi “descoberto”, mas surgiu gradualmente de misturas brutas de materiais alcalinos e matérias graxas (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

A fabricação de sabão é, sem dúvida, uma das atividades industriais mais antigas da nossa civilização. As primeiras provas registradas de um material semelhante ao sabão foram encontradas em cilindros de barro, datados de aproximadamente 2800 a.C., em escavações da antiga Babilônia. Inscrições revelaram que os habitantes do local ferviam gorduras misturadas a cinzas, mas não havia menção da finalidade do produto obtido (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Papiros do Egito Antigo, datados de 1500 a.C., apontam que os egípcios já confeccionavam um material semelhante ao sabão, formado por uma combinação de óleos animal e vegetal com sais alcalinos, que era utilizado para tratamento de doenças de pele e também para banho (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Durante 2.000 anos, os processos básicos de fabricação de sabões permaneceram praticamente imutáveis. Envolviam a saponificação descontínua dos óleos e gorduras, mediante um álcali, seguida pela salga, para separar o sabão. As modificações maiores ocorreram no pré-tratamento das gorduras e dos óleos, no processo de fabricação e no acabamento do sabão; por exemplo, da secagem a atomização (SHREVE e BRINK Jr, 1980).

A arte secular de fabricar sabão somente recebeu impulso definitivo quando da descoberta do processo Leblanc de fabricação de soda, em 1790. A utilização industrial da hidrogenação dos óleos vegetais (1914) permitiu obter sabões de consistência controlada expandindo ainda mais o mercado consumidor. Atualmente, a dosagem adequada de gorduras animais e vegetais aliada aos processos modernos de fabricação, permite obter sabões de características totalmente definidas e de elevada qualidade (CASTRO, 2009).

A primeira versão dos detergentes surgiu na Europa, durante a primeira Guerra Mundial (1914-1918). Os primeiros detergentes eram obtidos da sulfatação (reação com ácido sulfúrico) dos álcoois graxos, com cadeias de número de átomos de carbono superior a oito, obtidos de gorduras animais (sebo) e vegetais (óleo de côco), seguida de neutralização por hidróxido de sódio (PEREIRA, 2010).

Os primeiros detergentes sintéticos foram óleos sulfonados, obtidos a partir do tratamento de óleos vegetais, compostos predominantemente por glicerídeos de ácidos graxos não saturados, com ácido sulfúrico concentrado. Os detergentes sintéticos, com uma ação efetiva, apareceram no mercado alemão em 1930 e foram introduzidos um pouco mais tarde nos Estados Unidos. Com vinte anos de fabricação, os detergentes já eram mais comercializados do que os sabões. A solubilidade dos sabões em água dura tem sido o fator mais importante na aceitação dos detergentes sintéticos (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

De início, os detergentes eram usados em lavagens da indústria têxtil. Como eles se mostraram bastante eficientes passaram a ser usados com excelente desempenho na limpeza doméstica, na fabricação de xampus e de cremes dentais, principalmente na América do Norte (PEREIRA, 2010).

Durante as décadas de 1960 e 1970, a composição dos detergentes sofreu rápidas mudanças em virtude de considerações ecológicas. A evidência experimental mostrou que os fosfatos podem contribuir para a eutroficação dos lagos, e, por isso, o uso dos fosfatos nos detergentes foi proibido em algumas áreas dos Estados Unidos. Diversos substitutos foram introduzidos nos detergentes, mas alguns mostraram-se perigosos e foram também proibidos. A posição tomada pela indústria de detergentes foi que os fosfatos nos despejos podem ser removidos mediante tratamento especial nas estações de tratamento e que, tendo em vista a inocuidade tóxica dos fosfatos, não é a substituição dos fosfatos a solução mais desejável (SHREVE e BRINK Jr, 1980).

Seu período de maior crescimento iniciou-se após a Segunda Guerra Mundial, quando se misturava o seu próprio peso com tripolifosfato de sódio. Com essa formulação a sua eficácia foi comparada com a do sabão comum (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

As vendas de detergentes, em 1970, devem ter alcançado 2 bilhões de dólares, enquanto que as vendas de sabões devem ter permanecido constantes entre 400 e 500 milhões de dólares (SHREVE e BRINK Jr, 1980).

A indústria de sabões e detergentes, e os respectivos fornecedores, tem a grandíssima tarefa de testar as novas matérias quanto aos possíveis efeitos sobre o

ambiente, e será necessária uma pesquisa ampla antes de se poder ter a solução desse complicado problema (SHREVE; BRINK Jr, 1980).

3.2 Definição

O termo detergente origina-se do latim “*detergere*”, que tem como significado limpar, fazer desaparecer (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Detergentes, por definição, são substâncias inorgânicas ou orgânicas que apresentam a propriedade de reduzir a tensão superficial da água, favorecendo o seu espalhamento e emudecimento das superfícies, promovendo um contato mais íntimo entre a água e o objeto a ser limpo (CASTRO, 2009).

Segundo a Resolução Normativa nº 1/78 da ANVISA (1978), detergente é um produto formulado para promover o fenômeno da detergência, compreendendo um composto básico ativo (agente tensoativo) e componentes complementares (coadjuvantes, sinergistas, aditivos e produtos auxiliares).

Este conceito foi atualizado pela Resolução Normativa nº 13/07 da ANVISA (2007), que define detergente como um produto destinado à limpeza de superfícies e tecidos através da diminuição da tensão superficial.

3.3 Sabões e Detergentes (Similaridades e Diferenças)

Os sabões compreendem os sais de sódio ou de potássio dos diversos ácidos graxos, mas principalmente do oleico, do esteárico, do palmítico, do láurico e do mirístico (SHREVE e BRINK Jr, 1980).

Detergentes são produtos que apresentam substâncias orgânicas tensoativas sintéticas e, em meio aquoso, podem adquirir características aniônicas, catiônicas, não iônicas ou anfóteras (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Quanto às características da estrutura molecular, as similaridades se repetem. Tanto os sabões quanto os detergentes possuem, pelo menos, um ponto de polaridade na molécula o que os coloca em outra classificação química comum, ambos são sais. É comum também, o fato de possuírem características polar e apolar na mesma molécula. Ambas as estruturas possuem, como parte apolar da molécula, grandes cadeias carbonadas (mais de 8 carbonos). A facilidade de degradação também tem motivo comum: cadeia carbônica linear (NETO e PINO, 2011).

Como o sabão se origina da hidrólise e neutralização de triglicerídeos de origem vegetal e/ou animal, o seu grupo polar é o radical carboxila. Os detergentes sintéticos originam-se de diferentes processos, podem apresentar diferentes radicais hidrofílicos como, por exemplo, os sulfonados (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Existem diferenças significativas nos processos usados para fabricar os detergentes e os sabões e, também, diferenças de composição química que provocam diferenças de atuação. Os sabões dão precipitados e, por isso, não são eficientes em presença de águas duras ou ácidas, ao contrário dos detergentes. Além disso, embora as composições químicas dos sabões ordinários sejam variáveis, em essência são apenas sais de sódio ou de potássio de diversos ácidos graxos. Por outro lado, os detergentes são misturas muito complicadas de várias substâncias, cada qual escolhida para efetuar uma ação particular durante a limpeza (SHREVE e BRINK Jr, 1980).

Outra desvantagem dos sabões está no fato de terem menor poder tensoativo e, conseqüentemente, menor poder de limpeza que os detergentes. Em contrapartida os sabões, por possuírem gorduras não saponificáveis, agredem menos a pele. Os detergentes quando utilizados para a lavagem de louças, retiram, inclusive, a gordura natural presente nas mãos de quem o utiliza, causando o ressecamento da pele e a maior suscetibilidade a irritações da mesma. A grande vantagem na utilização do sabão está no fato deste ser sempre biodegradável e de ser produzido a partir de matéria-prima renovável, os óleos e as gorduras (NETO e PINO, 2011).

Os sabões quando formados predominantemente por estearato de sódio, não apresentam boa solubilidade em água fria. Na presença de cátions como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{2+} e Fe^{3+} formam compostos insolúveis que precipitam. Os detergentes sintéticos, cuja estrutura lipofílica é formada geralmente por cadeias de 12 átomos de

carbono, apresentam um grupamento polar mais efetivo, formando sais solúveis na presença de tais cátions (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

3.4 Aspectos Gerais

3.4.1 Biodegradabilidade

Em virtude da atenção focalizada sobre o controle e a diminuição da poluição das águas, os químicos e engenheiros químicos de desenvolvimento, nos anos mais recentes, foram levados à conclusão de que os detergentes para uso doméstico e industrial, que são despejados nos esgotos, devem ser, tão facilmente quanto possível, decompostos pela ação microbiana no tratamento dos esgotos e nas correntes de superfície, como os constituintes ordinários dos despejos domésticos (SHREVE e BRINK Jr, 1980).

A facilidade com que um agente tensoativo é decomposto pela ação microbiana é definida como a sua biodegradabilidade (SHREVE e BRINK Jr, 1980).

De forma análoga, a Resolução Normativa nº 1/78 da ANVISA (1978) define a biodegradabilidade como a decomposição parcial ou completa de um composto orgânico, por microrganismo. A mesma resolução define que grau de biodegradabilidade corresponde à porcentagem de substância ativa, biodegradada num período de tempo definido, avaliada segundo a técnica oficialmente adotada.

A carga de poluição decorrente da presença de sabões e detergentes sintéticos em esgotos domésticos é muito pequena se comparada a de outros poluentes, como resíduos, dejetos orgânicos etc., usualmente presente no esgoto. Apesar disso, ela pode contribuir de maneira bastante desfavorável para a poluição das águas receptoras, e pode dificultar os procedimentos normais de tratamento de esgotos residuais (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Por natureza química, os sabões feitos de matérias graxas são totalmente biodegradáveis e não interferem na fauna e flora aquática (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Os produtos formulados a partir de detergentes sintéticos, por sua vez, geralmente empregam ingredientes ativos do tipo aniônico, como os sais sódicos de alquilbenzeno sulfonados ramificados (ABS) ou lineares (LAS), pequenas quantidades de ingredientes ativos do tipo não iônico, e possuem como aditivos mais importantes o tripolifosfato de sódio, sem o qual a ação dos detergentes sintéticos perde muito em desempenho (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Tanto o ABS quanto o LAS podem biodegradar-se parcialmente (biodegradação primária) ou completamente (biodegradação total), existindo um meio aeróbio adequado e transcorrendo um tempo apropriado (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

A biodegradação primária é aquela ocorrida quando a molécula é alterada pela ação de uma bactéria, de maneira que tenha perdido suas características de tensoativo ou que não mais responda a procedimentos analíticos para a detecção do tensoativo original. A biodegradação total ou mineralização pode ser entendida como sendo a conversão completa da molécula do tensoativo em gás carbônico, água, sais inorgânicos e produtos associados com o processo metabólico normal da bactéria (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

3.4.2 Fenômeno da Detergência

O fenômeno de remoção de impurezas sobre superfícies sólidas por meios químicos é denominado de detergência (PRATES, 2006).

A detergência é um processo que consiste na remoção de sujidades das superfícies, passando-as para um meio, em geral líquido, que se designa por banho de lavagem, no qual tais sujidades ficam em suspensão, dissolvidas ou emulsionadas. As substâncias, como os tensoativos, que conseguem promover este processo, apresentam poder detergente e designam-se por detergentes. É fácil relacionar as características moleculares dos tensoativos com o processo complexo que constitui a detergência (SILVA, 1991).

A molhagem da superfície a limpar é um processo cuja necessidade resulta da água não ser frequentemente um agente de molhagem eficiente. Este efeito deve-se,

principalmente, ao fato da tensão interfacial da água em relação ao substrato poder ser elevada, o que vai dificultar a molhagem. A existência de sujidade hidrofóbica, como é o caso das gorduras, à superfície do substrato, vai dificultar ainda mais a molhagem (SILVA, 1991).

Os reforçadores aumentam o poder detergente e, entre eles, os fosfatos complexos, como o tripolifosfato de sódio, têm sido usados com maior amplitude. Em países com água dura (alta concentração de sais dissolvidos), a adição de tripolifosfatos garante o bom desempenho dos tensoativos aniônicos (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

3.4.3 Viscosidade e Turbidez

A viscosidade de um líquido é a sua resistência ao escoamento. Quanto maior for a viscosidade do líquido, mais lento é o seu escoamento. Os líquidos de alta viscosidade, como o melado, na temperatura normal, ou o vidro fundido, são chamados de “viscosos”. A viscosidade de um líquido é uma indicação da intensidade das forças entre as moléculas: interações intermoleculares fortes mantêm juntas as moléculas e não deixam que elas se afastem facilmente. A predição da viscosidade, porém, é muito difícil porque ela não depende somente da intensidade das forças intermoleculares, mas também da facilidade com que ela assume diferentes posições quando o fluido se move (ATKINS e JONES, 2012).

A viscosidade normalmente diminui quando a temperatura aumenta. As moléculas têm mais energia em temperaturas mais altas e podem mover-se mais facilmente. A viscosidade da água à 100°C, por exemplo, é apenas 1/6 do valor à 0°C, o que significa que a mesma quantidade de água escoar seis vezes mais rapidamente pelo mesmo tubo na temperatura mais elevada (ATKINS e JONES, 2012).

A turbidez corresponde à redução da transparência da água, ocasionada pelo material em suspensão, que reflete a luz, dificultando a sua passagem pela solução. A quantificação de luz refletida pelas partículas suspensas dá uma ordem de grandeza de sólidos em suspensão na amostra (TOMAZONI et al, 2005).

A viscosidade do detergente líquido para lavagem manual de louças está intimamente relacionada à estética do produto, criando conotação de eficácia da formulação. Tecnicamente, o aumento da viscosidade aumenta o rendimento de um detergente líquido, através da diminuição do desperdício durante o uso (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Os detergentes formam, em solução aquosa, diferentes formas micelares que podem determinar o comportamento da viscosidade da formulação. Os eletrólitos, como cloreto de sódio e o sulfato de magnésio, aumentam a força iônica do meio, diminuindo a do sistema. O efeito macroscópico é o aumento da viscosidade. Um excesso de eletrólito pode provocar uma diminuição drástica da solubilidade do tensoativo em água, desestabilizando as micelas e “quebrando” a viscosidade do sistema, além de provocar turvação e separação de fases (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Já, a combinação de tensoativos pode alterar a viscosidade pela formação de micelas mistas. Nessas condições, o aumento da quantidade do eletrólito não influencia, significativamente, o ponto de turvação, melhorando a viscosidade final (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

3.4.4 pH

Como as concentrações de H^+ e OH^- em soluções aquosas são frequentemente números muito pequenos e, portanto, inconvenientes de lidar, o químico dinamarquês Soren Sorensen, em 1909, propôs uma medida mais prática designada pH. O pH de uma solução é definido como o logaritmo negativo da concentração de íon hidrogênio (em mol/L) (CHANG, 2010).

Ainda segundo CHANG (2010), uma vez que o pH é simplesmente um modo de expressar a concentração do íon hidrogênio, as soluções ácidas e básicas à 25°C podem se distinguir pelos seus valores de pH, como se segue:

- i. Soluções ácidas: $[H^+] > 1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$, $\text{pH} < 7$
- ii. Soluções básicas: $[H^+] < 1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$, $\text{pH} > 7$
- iii. Soluções neutras: $[H^+] = 1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$, $\text{pH} = 7$

Segundo a Resolução Normativa nº 13/07 da ANVISA (2007), para os produtos incluídos na categoria de detergentes líquidos específicos para lavar louças manual de venda livre, o pH deve estar compreendido entre 5,5 e 9,5. Para aquelas formulações que apresentarem valor de pH entre 5,0 e 5,5 e também entre 9,5 e 10,0, devem ser apresentados estudos dermatológicos que garantam a segurança desses produtos, nas condições de uso propostas.

3.4.5 Espuma

Tanto sabões quanto detergentes pertencem a um mesmo grupo de substâncias químicas, os tensoativos. Assim sendo, os dois produtos são redutores de tensão superficial e possuem a característica comum de, quando em solução e submetidos à agitação, produzirem espuma (NETO; PINO, 2011).

Uma dispersão grosseira de gás em um líquido é o que denominamos de espuma, e esta apresenta duas situações estruturais extremas. O primeiro tipo (espumas diluídas) é constituído por bolhas aproximadamente esféricas separadas por filmes (películas) relativamente espessos de um líquido relativamente viscoso. O outro tipo (espumas concentradas) é essencialmente uma fase gasosa, e é constituído por celas gasosas poliédricas separadas por finas películas de líquido, que podem se originar de espumas mais diluídas, como consequência da drenagem do líquido; ou, diretamente de um líquido de viscosidade relativamente baixa (PRATES, 2006).

O poder espumante está ligado diretamente ao efeito detergente, mas a espuma nem sempre é sinal de poder de limpeza. Muitas vezes as indústrias podem adicionar espessantes ao produto final. Essas substâncias reduzem mais ainda a tensão superficial produzida, aumentando, com isso, a produção de espuma (NETO e PINO, 2011).

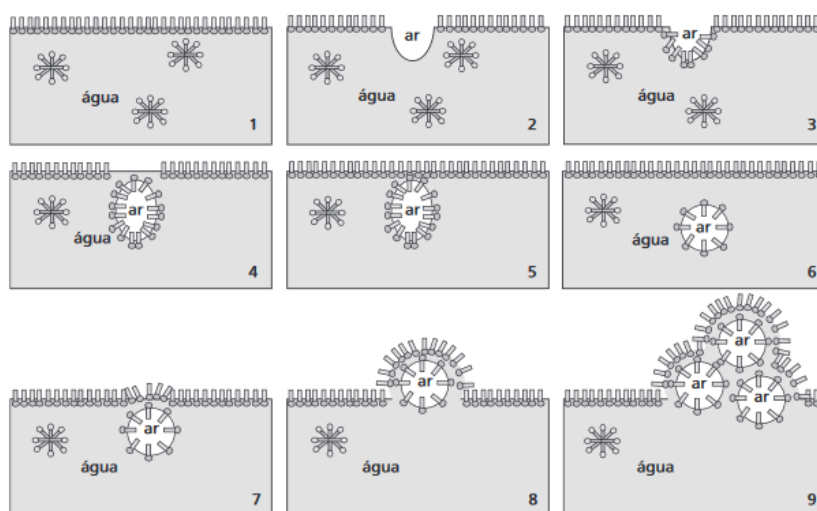
Todas as espumas são instáveis, de acordo com o ponto de vista termodinâmico, por causa de sua elevada área interfacial e energia livre de superfície. É possível, contudo, fazer uma distinção entre estruturas de espumas instáveis e metaestáveis. Espumas formadas por soluções aquosas de ácidos ou álcoois saturados de cadeia curta, são exemplos de espumas instáveis. Espumas formadas de soluções de sabões,

detergentes sintéticos, proteínas, saponinas, etc., podem ser classificadas como espumas metaestáveis (PRATES, 2006).

A espuma resulta de uma estrutura regular de moléculas de tensoativos ligados na interface à molécula de água. Em aplicações normais, principalmente no campo doméstico, a formação e a estabilidade da espuma é uma característica desejada basicamente por efeito estético (BORSATO; MOREIRA; GALÃO, 2004).

Na **Figura 3**, será mostrada como se dá a formação de espuma a partir da formação de bolhas de ar em solução aquosa de tensoativo acima da CMC.

Figura 3 - Sequência de formação de espuma a partir da formação de bolhas de ar em solução



Fonte: DALTIM, 2011, p. 36.

Os processos de lavagem e de preparação de emulsões necessitam de agitação da solução ou mistura aquosa para que ocorra a solubilização dos tensoativos utilizados, a redução do tamanho das gotículas de óleo, a retirada da sujeira e a distribuição das micelas por todas as parcelas do líquido, garantido que os processos de detergência e emulsão sejam eficientes, uma vez que esses dois processos ocorrem sempre em presença de micelas. No entanto, essa agitação é a principal causa de formação de espuma. Em processos industriais ou em lavagens mecânicas, a formação de espuma é indesejável, pois reduz a capacidade desses equipamentos. Em produtos de limpeza, como os detergentes para lavagem de pratos, a espuma apresenta um efeito estético ao consumidor, mas até dificulta a limpeza, pois requer mais enxágues para sua retirada (DALTIM, 2011).

A estabilização de espuma ocorre por um efeito semelhante ao da estabilização de emulsões pela migração do tensoativo da estrutura das micelas para novas superfícies criadas. Quando uma solução de tensoativo, que se encontra acima de sua concentração micelar crítica, é agitada, pequenas bolhas de ar podem entrar na solução. Essas bolhas de ar formam novas superfícies água-ar, em um processo muito semelhante ao de formação de uma emulsão, quando se utiliza um óleo em água (DALTIM, 2011).

Evitar a formação de espumas ou destruir espumas porventura existentes é muitas vezes importante, do ponto de vista prático. Os agentes antiespumantes atuam contra os diversos fatores que favorecem a estabilização de espumas, existindo, portanto diversos mecanismos para explicar a ação antiespumantes (PRATES, 2006).

3.5 Classificação

Saneantes são substâncias ou preparações destinadas à aplicação em objetos, tecidos, superfícies inanimadas e ambientes, com a finalidade de limpeza, desinfecção, esterilização, sanitização, desodorização, odorização, desinfestação, desinfecção de água para o consumo humano e hortifrutícolas e no tratamento de água de piscinas (ANVISA, 2016).

Os produtos Saneantes são classificados quanto ao risco, finalidade, venda e emprego. Na notificação e registro desses produtos são levados em conta: a avaliação e o gerenciamento do risco, finalidade e categoria, além de atender a regulamentos específicos. Nesses requisitos, são consideradas a toxicidade das substâncias e suas concentrações no produto, finalidade de uso, condições de uso, ocorrência de eventos adversos ou queixas anteriores, população provavelmente exposta, frequência de exposição e sua duração e formas de apresentação (ANVISA, 2016).

De acordo com a RDC nº 59/10, os produtos saneantes são classificados como produtos de Risco 1 ou Risco 2, sendo os de Risco 2 os que apresentam maior risco sanitário ao consumidor (ANVISA, 2016).

Segundo a ANVISA (2016), os produtos saneantes são classificados como Risco 1, quando:

- i. Apresentem DL 50 oral para ratos superior a 2.000 mg/kg de peso corpóreo para produtos líquidos e superior a 500 mg/kg de peso corpóreo para produtos sólidos, quando avaliados na forma pura;
- ii. O valor de pH na forma pura, à temperatura de 25° C, seja maior que 2 ou menor que 11,5, ou avaliados na diluição de 1%, quando o pH não possa ser medido na forma pura, como por exemplo: produto na forma física sólida;
- iii. Não apresentem características de corrosividade, atividade antimicrobiana, ação desinfetante e não sejam à base de microrganismos viáveis;
- iv. Não contenham em sua formulação um dos seguintes ácidos inorgânicos: HF, HNO₃, H₂SO₄ ou seus sais que os liberem nas condições de uso do produto.

Ainda, segundo a ANVISA (2016), os produtos saneantes são classificados como Risco 2, quando:

- i. Apresentem DL50 oral para ratos superior a 2.000 mg/kg de peso corpóreo para produtos líquidos e superior a 500 mg/kg de peso corpóreo para produtos sólidos, avaliados na diluição final de uso;
- ii. O valor de pH na forma pura, à temperatura de 25° C, seja igual ou menor que 2 ou igual ou maior que 11,5, ou avaliados na diluição de 1%, quando o pH não possa ser medido na forma pura, como por exemplo: produto na forma física sólida;
- iii. Apresentem características de corrosividade, atividade antimicrobiana, ação desinfetante ou à base de microrganismos viáveis;
- iv. Contenham em sua formulação um dos seguintes ácidos inorgânicos: HF, HNO₃, H₂SO₄ ou seus sais que os liberem nas condições de uso do produto.

Os detergentes para lavar louças, são considerados produtos saneantes de Risco 1.

3.6 Tipos de Detergentes

Os mais comuns são sais de sódio de sulfatos de alquilas, de cadeias longas, ou de ácidos sulfônicos, também de cadeias longas. Esses tipos de detergentes são chamados de detergente aniônico, devido à carga negativa associada à parte orgânica do composto. Quando a carga da parte orgânica da molécula é positiva o detergente é denominado catiônico (PRATES, 2006).

A tecnologia de formulação mais empregada, atualmente, combina tensoativos aniônicos agindo como detergentes (BORSATO; MOREIRA; GALÃO, 2004).

3.6.1 Agentes Tensoativos ou Surfactantes

Esse conceito abarca qualquer composto que modifica, usualmente que reduz, a tensão superficial, quando dissolvido em água, e que altera, de maneira análoga, a tensão interfacial de dois líquidos. Os surfactantes do sabão e dos detergentes sintéticos efetuam na lavagem a ação de limpeza primária de espumejamento, mediante o mesmo mecanismo de redução da tensão superficial (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

São constituídos por uma parte hidrófila, geralmente iônica, e uma parte lipofílica formada por hidrocarbonetos com oito a dezoito átomos de carbono, linear ou ligeiramente ramificada, contendo, na maioria dos produtos comercializados, um anel benzênico substituindo alguns átomos da cadeia (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Os tensoativos são normalmente classificados de acordo com a natureza do seu grupo polar em quatro subsegmentos: aniônicos, não-iônicos, catiônicos e anfóteros (Bain & Company, 2014).

Em seguida será mostrado na **Figura 4**, uma breve caracterização e descrição desses grupos.

Figura 4 - Descrição e Caracterização Resumida do Mercado de Tenssoativos no Brasil

	1 TENSOATIVOS ANIÔNICOS	2 TENSOATIVOS NÃO-IÔNICOS	3 TENSOATIVOS CATIÔNICOS	4 TENSOATIVOS ANFÓTEROS
Características	Região polar apresenta carga negativa	Não apresentam cargas verdadeiras	Região polar apresenta carga positiva	Dependendo do pH da solução, se comportam como aniônicos ou catiônicos
Mercado brasileiro	Subsegmento de tensoativos mais utilizado (volume e vendas)	Segundo subsegmento mais utilizado (volume e vendas) e com maior variedade em número de moléculas	Obteve o maior crescimento (volume e vendas) em 2012. Possui maior projeção de crescimento até 2018	Subsegmento menos representativo no mercado nacional e mundial
Principais produtos	LAS (Alquilbenzeno sulfonato linear) LESS (Lauril éter sulfato de sódio)	Poli(etileno)glicóis Álcoois, alquilfenóis e aminas etoxiladas	Sais quaternários de amônio	Betainas
Principais produtos consumidores	Sabões em pó para roupas, detergentes para louça e xampus	Detergentes, produtos de limpeza industrial, outras aplicações industriais e emolientes e umectantes para cosméticos	Limpeza industrial e institucional, amaciantes e detergentes	Xampus, sabões líquidos e detergentes para louça

Fonte: Bain & Company, 2014, p. 4.

3.6.1.1 Tensoativos Aniônicos

Os tensoativos aniônicos apresentam em suas moléculas uma região polar de carga negativa, quando solubilizados em água. Representam o subsegmento de tensoativos mais utilizado no Brasil devido ao custo relativamente mais baixo. Possuem boas propriedades de limpeza, alto poder espumante, alta detergência e alta umectância. (DALTIM, 2011).

Os tensoativos aniônicos são os mais comuns, ocorrem em formulações de detergentes domésticos, xampus automotivos, desinfetantes domésticos, limpa-vidros, limpa-carpetes e outros. Apresentam boa espumabilidade e, com exceção dos sais de ácidos graxos, não precipitam com água dura ou na presença de ácidos (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

O tensoativo aniônico mais comumente empregado é o dodecilbenzeno sulfonato de sódio, que apresenta excelentes propriedades de detergência e poder espumante. Entretanto, apresenta problemas de solubilidade em água, na presença de eletrólitos, aumentando o risco de turvação em algumas formulações. Além disso, é um tensoativo causador de irritação na pele, nas concentrações empregadas em detergentes líquidos

para lavagem manual de louça. O dodecilbenzeno sulfonato de sódio é o tensoativo mais utilizado na composição de detergentes em produtos de limpeza (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

3.6.1.2 Tensoativos Catiônicos

Os tensoativos catiônicos são caracterizados por possuírem em suas moléculas um grupo hidrofílico carregado positivamente, quando dissociados em água. Possuem baixo poder detergente, mas são os tensoativos que apresentam a mais alta capacidade de aderência às superfícies sólidas, mesmo após a retirada da solução do tensoativo. Em formulações, podem ser usados como agentes antiestáticos e antibacterianos. As principais aplicações são em limpeza industrial e institucional, amaciante e detergente. Além disso, também podem ser aplicados como agente anticorrosivo para o aço, coletor de flotação mineral, entre outros (DALVIN, 2011).

Sua ação sobre a tensão superficial é devida a uma grande cadeia carbônica, lipofílica, unido a um grupo básico hidrófilo. Não são usados como detergentes domésticos porque apresentam um fraco poder detergente, mas são notáveis umectante e de grande poder de dispersão (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Além dos produtos para limpeza doméstica, os catiônicos, graças a sua natureza, apresentam outras aplicações. O uso de aminas graxas em emulsões asfálticas deve-se a sua propriedade tensoativa. No setor de mineração, elas entram como agentes de flotação, permitindo, pela propriedade do tensoativo catiônico, que o minério ou sua impureza, a ser flotado adquira propriedades hidrófobas, migrando para a superfície e facilitando a separação (BORSATO; MOREIRA; GALÃO, 2004).

3.6.1.3 Tensoativos Não-Iônicos

Os tensoativos não-iônicos não apresentam em suas moléculas uma região polar com cargas verdadeiras, ou seja, possuem grupos hidrofílicos sem cargas. Os produtos desse subsegmento possuem diversas aplicações, pois possuem um conjunto amplo de

propriedades físicas: alto poder de redução da tensão superficial e interfacial, elevada resistência à dureza da água e baixa irritabilidade à pele e aos olhos. Porém, apresentam menor poder de detergência e espuma. Essas substâncias são bastante utilizadas na formulação de detergentes, em conjunto com os tensoativos aniônicos, para complemento das propriedades de limpeza. Além disso, possuem como característica sua compatibilidade com a maioria das matérias-primas utilizadas em cosméticos (DALTIM, 2011).

Não apresentam nenhuma carga em suas moléculas, mas possuem uma parte lipofílica e outra hidrofílica (poliglicólica) que se solubiliza em água, ligando-se a esta através de pontes de hidrogênio (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Tradicionalmente, são empregados em formulações com características de baixa formação de espuma, proporcionando também ação desespumante e incremento de detergência (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Podem ser usados como emulsionante em cosméticos, inseticidas e auxiliares têxteis; como agentes de limpeza em detergentes líquidos industriais alcalinos, detergentes líquidos lava-roupas institucional e em pó para máquinas de lavar, pois melhoram a umectação das superfícies e apresentam um baixo poder espumante (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

3.6.1.4 Tensoativos Anfóteros

Os tensoativos anfóteros são caracterizados por apresentarem, na mesma molécula, grupamentos positivo e negativo. Possuem não só boas propriedades de tensão superficial e concentração de partículas, mas também de umectância e penetração. Além disso, são suaves e compatíveis com todas as outras classes de tensoativos, apresentando excelentes propriedades dermatológicas, tornando-os adequados para aplicações em cosméticos e produtos de limpeza. Costumam ser usados em formulações junto com os tensoativos aniônicos para reduzir as irritações dermatológicas dos produtos (DALTIM, 2011).

Possuem na estrutura um átomo de nitrogênio, com carga positiva, na forma quaternária ou protonada e ânion carboxila. Tais estruturas, específica dos anfóteros, conferem à classe de tensoativos propriedades que os diferenciam das demais categorias citadas. Tanto o núcleo aniônico como o catiônico da molécula pode ocorrer na forma protonada como na não protonada da molécula, em função do pH. Por essa razão, as propriedades dos anfóteros dependem do pH do meio (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

São empregados nas formulações de xampus infantis, sabões líquidos, enxaguantes, amaciantes, tratamentos de espuma para cabelos, removedores de maquiagem e preparados íntimos. Os tensoativos anfóteros são os mais caros, de uso específico, e atuam numa larga faixa de pH (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

3.7 Composição dos Detergentes

A performance de um detergente é verificada por aspectos como: capacidade detergente, formação e estabilidade de espuma, suavidade à pele e facilidade de remoção da sujeira. A tecnologia de formulação mais empregada, atualmente, combina tensoativos aniônicos atuando como estabilizadores de espuma e espessantes; reforçadores e diversos aditivos conforme o fim a que se destina (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Os surfactantes, os reguladores de espuma e os reforçadores constituem os elementos básicos na formulação dos detergentes (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

3.7.1 Reguladores de Espuma

Embora a espuma não seja essencial para a comprovação da eficiência de um detergente muitos produtos têm sua ação aumentada devido à espuma. Além disso, a presença de espuma é muitas vezes tomada como indicação da existência do detergente na água de lavagem. Por isso, um produto bem formulado deve ter uma espuma firme

que desapareça juntamente com o detergente na lavagem. Outro ponto importante é relacionado com o uso do detergente em máquinas de lavar, produtos que formam grande quantidade de espuma podem causar transbordamento ou a necessidade de reduzir a carga, diminuindo a produtividade do equipamento. Neste caso, a formulação deve procurar reduzir a espuma sem, entretanto afetar a detergência do produto (CASTRO, 2009).

Um regulador de espuma pode ser um estabilizador ou um supressor, não tem a mesma natureza química e, muitas vezes, são específicos para certos surfactantes. Exemplos de sistemas surfactantes estabilizadores são a etanolamida láurica e um alquilbenzeno sulfonato, ou o sistema álcool láurico e sulfato de alquil. As alcanolamidas de ácidos graxos ocupam lugar de destaque dentro do grupo de estabilizadores de espuma. Elas não só intensificam a formação de espuma, como também a estabilizam na presença de substâncias graxas, aumentam a viscosidade do meio, solubilizam essências, reduzem a carga estática do cabelo, quando utilizadas em xampu, e conferem suavidade à pele (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Como todos os bons detergentes a base de aniônicos produzem muita espuma, torna-se necessário a adição de agentes antiespumante. Os supressores de espuma são em geral substâncias hidrófobas, e entre eles nomeiam-se os ácidos graxos de cadeia longa, os silicones e os surfactantes hidrófobos não iônicos (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

3.7.2 Reforçadores

Os detergentes sintéticos puros não são muito eficientes para remover sujeira argilosa. Para corrigir este inconveniente, bem como fornecer um pH adequado da água e anular a presença de íons metálicos (cálcio, ferro, cobre, etc.) adiciona-se certos sais alcalinos como, por exemplo: tripolifosfato de sódio, fosfato trissódico, pirofosfato de sódio, carbonato de sódio (CASTRO, 2009).

Os fosfatos são os aditivos presentes em maior percentual na composição dos detergentes. Estes compostos, apesar de aumentarem a eficácia, baratearem o custo do produto final e serem atóxicos, são, dentre os aditivos utilizados na fabricação dos

sabões e detergentes, os que causam maiores problemas ao meio ambiente. Os fosfatos atuam nos mananciais como um verdadeiro adubo que plantas aquáticas e algas utilizam para seu desenvolvimento. A excessiva reprodução destas plantas causa uma eutrofização das águas (NETO e PINO, 2011).

Deve ser enfatizado que, existe uma tendência atual para formulações de detergentes contendo níveis mais baixos de fosfatos, em função dos efeitos adversos causados por esses compostos ao meio ambiente. A substituição completa dos fosfatos por outro componente ainda não foi viabilizada, pois os produtos alternativos testados apresentam custos mais elevados e menor eficiência (CASTRO, 2009).

3.7.3 Aditivos

Nos últimos 30 anos, os detergentes domésticos, dos mais destacados países industriais, experimentaram um rápido desenvolvimento e mudaram de composição consideravelmente. Além dos tensoativos que desempenharam um grande papel neste desenvolvimento, a inclusão de diversos aditivos contribuiu substancialmente para aumentar o desempenho dos detergentes, inclusive de seu poder alvejante (CASTRO, 2009).

Os aditivos oferecem aos fabricantes de produtos de limpeza uma forma de diferenciação dos seus produtos. Alguns aditivos são encontrados na natureza, muitos deles são encontrados em plantas. Outros são produzidos por síntese, sendo que alguns são idênticos aos encontrados na natureza. Os ingredientes atuais combinam surfactantes com aditivos tais como enzimas, polímeros, alvejantes, branqueadores ópticos, aromatizantes, coloríficos, agentes antiespumantes, agentes antirredeposição, inibidores de corrosão e auxiliares de processamento (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

3.7.3.1 Inibidores de Corrosão

Protegem o metal e as peças de lavar, os utensílios e os pratos da ação dos detergentes e da água. O silicato de sódio é muito utilizado para esse fim (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Segundo CASTRO (2009), os silicatos conferem aos detergentes melhores propriedades de armazenamento, combatem a corrosão nas máquinas de lavar e mantêm em suspensão as sujeiras de natureza argilosa. Podem ser empregados diversos tipos de silicatos de sódio, contendo diferentes massas de sílica (SiO_2) e óxido de sódio (Na_2O). Os tipos comerciais mais conhecidos são:

- i. Silicato de sódio neutro: Relação SiO_2 : Na_2O = 3,2: 1,2
- ii. Silicato de sódio alcalino: Relação SiO_2 : Na_2O = 2,2:1,0
- iii. Metassilicato de sódio: Relação SiO_2 : Na_2O = 1,0:1,0

3.7.3.2 Inibidores de Mancha

Executam o trabalho dos inibidores de corrosão e estendem a ação protetora a metais. Para esse fim, o benzotriazol tem sido usado com êxito (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Os agentes removedores de manchas podem agir por oxidação, redução ou ação enzimática. Entre esses, o mais empregado diretamente em fórmulas específicas com ação alvejante é o perborato de sódio, que em solução aquosa fornece peróxido de hidrogênio. Atualmente existe uma tendência da inclusão de diversos tipos de enzimas (proteases, lipases, amilases e celulasas) na formulação dos detergentes (CASTRO, 2009).

3.7.3.3 Agentes de Suspensão

São compostos que evitam a reposição da sujeira no tecido ou mesmo evitam que a sujeira removida de uma peça seja transferida para as demais. Isto pode ser alcançado através do uso de estabilizantes coloidais, como por exemplo, os derivados de celulose (sal sódico de carboxi-metil-celulose, hidroetilcelulose, metilcelulose). Em geral, a

quantidade desses derivados de celulose na formulação de detergentes depende do grau de polimerização e do grau de substituição da molécula (CASTRO, 2009).

3.7.3.4 Perfumes e Corantes

Os perfumes tornaram-se ingredientes indispensáveis, e há ampla variedade de composições e de fragrâncias. Os corantes são usados como recurso para acentuar certas propriedades de um produto para que este tenha um papel diferenciado (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

Além da propriedade funcional das fragrâncias, frequentemente admitida, existe a expectativa do perfume realmente reforçar a sensação de limpeza, frescor e a satisfação geral do consumidor. Logo, nos produtos domissanitários a relação entre o aroma e a cor deve ser levada em consideração (BORSATO; MOREIRA e GALÃO, 2004).

4. Procedimento Experimental

Como primeira etapa de desenvolvimento deste trabalho, foram realizados seis testes de diferentes formulações para produção de um novo detergente a ser inserido no mercado. As seis formulações seguiram o mesmo procedimento de produção apenas diferenciando as quantidades de determinada matéria-prima em cada formulação.

A produção foi realizada no Laboratório de Operações Unitárias do Centro de Tecnologia da Universidade da Paraíba e as matérias-primas foram cedidas pela PHIQ – Philipéia Indústria Química LTDA, empresa localizada na cidade de João Pessoa – PB, especializada no setor de produtos de limpeza.

Posteriormente à obtenção dos detergentes, foram realizados alguns testes de propriedades físico-químicas para a determinação e controle de qualidade dos detergentes obtidos. Os testes realizados foram, determinação do pH, determinação da viscosidade, determinação do ponto de turvação e determinação da formação de espuma

e sua estabilidade. Vale destacar que em apenas cinco formulações foram realizados esses testes, haja vista que uma das formulações apresentou turvação em temperatura ambiente, sendo essa imediatamente desconsiderada para o fim desse trabalho, que é a escolha de uma nova formulação a ser inserida no mercado.

Os mesmos testes realizados nos detergentes fabricados em laboratório foram realizados em doze diferentes detergentes de marcas conhecidas e já comercializadas. Os resultados obtidos para os detergentes comerciais foram comparados com os resultados obtidos para os detergentes fabricados no laboratório.

4.1 Fabricação dos Detergentes

Para a obtenção dos detergentes, foi utilizado um agitador mecânico, que é mostrado na **Figura 5**, abaixo.

Figura 5 – Agitador Mecânico



Fonte: Do autor, 2018.

Com o intuito de produzir 1000 mL de detergente, o procedimento experimental foi iniciado com adição de 500 mL de água a um becker, que foi em seguida colocado na base do agitador. Com agitação inicial de 420 rpm, foi feita a adição das primeiras matérias-primas da formulação, são elas o hidróxido de sódio e o ácido sulfônico. Após a adição de hidróxido de sódio e o de ácido sulfônico, o sistema foi mantido em agitação por, aproximadamente, 1 min, para que ocorresse a reação de neutralização.

Após reação de neutralização, foi adicionado lauril, como um tensoativo secundário, sendo sua adição lenta para evitar a formação de espuma. Após a adição do tensoativo secundário, o sistema continuou em agitação por 1 min, até a etapa seguinte. Sendo em seguida adicionado à mistura, glicerina como agente emoliente, ou seja um agente para garantir a maciez e suavidade ao contato da pele do usuário ao detergente. Em algumas formulações, após a adição da glicerina, foi adicionado um agente estabilizante de espuma.

Após 1 min em agitação, foi adicionado o agente conservante, sendo em seguida adicionado o corante e a fragrância desejados. Após a adição desses componentes e tendo sido mantida a agitação, foi feita a medida de pH.

Quando necessário, o pH foi corrigido, em algumas das formulações, usando uma solução de ácido cítrico 10% m/v, quando o pH estava acima de 9,50; ou com solução de NaOH diluída, quando o pH estava abaixo de 5,50.

Após a correção do pH, quando necessário, foi adicionado sulfato de magnésio como agente espessante, o volume foi completado para 1000 mL e a agitação foi elevada para 600 rpm. Em algumas formulações foi adicionado NaCl como um agente auxiliar ou ainda com função espessante. A **Tabela 3** mostra a função dos componentes usados na produção de detergentes.

Tabela 3 - Função dos Componentes das Formulações Obtidas em Laboratório

Componente	Função
Água	Veículo
Ácido Sulfônico (Tensoativo Aniônico)	Emulsionante, Espumante e Molhante
Hidróxido de Sódio	Alcalinizante
Lauril Éter Sulfato de Sódio	Espumógeno
Glicerina	Emoliente
Isotiazolinonas	Conservante
Cloreto de Sódio	Agente Auxiliar ou Espessante
Sulfato de Magnésio	Espessante
Côco Amida Propil Betaína	Estabilizante de Espuma ou Espessante
Essência	Estético
Corante	Estético

Fonte: Do autor, 2018.

4.2 Determinação de pH

Para a determinação do pH, foi utilizado um pHmetro digital de bancada, mostrado na **Figura 6**. Antes das análises de pH, o equipamento foi calibrado utilizando duas soluções padrão e seguindo procedimento padrão de calibragem desse tipo de equipamento.

Figura 6 - pHmetro



Fonte: Do autor, 2018.

Após a calibragem, o eletrodo foi lavado com água destilada e seco com auxílio de um papel macio. Logo em seguida, foi colocado em um béquer quantidade suficiente de detergente para cobrir o eletrodo do pHmetro. Em seguida o eletrodo foi mergulhado no detergente, até o momento que o equipamento estivesse estabilizado e a leitura do pH pudesse ser efetuada. Sendo feita a leitura do pH, o eletrodo foi retirado, lavado com água destilada e seco com auxílio de um papel macio.

Vale ressaltar que, para as formulações obtidas em laboratório, o pH foi medido antes da adição do agente espessante e, quando necessário foi corrigido.

É importante lembrar que, o pH de detergentes líquidos, específicos para lavar louças manual de venda livre, deve estar compreendido entre 5,5 e 9,5, segundo Resolução Normativa n° 13/07 da ANVISA (2007).

4.3 Determinação da Viscosidade

Para a determinação da viscosidade, foi utilizado um viscosímetro por torque, que é mostrado na **Figura 7** abaixo.

Figura 7 - Viscosímetro por Torque



Fonte: Do autor, 2018.

Foi utilizado nas medidas de viscosidade, o *spindle* 1, com rotação de 12 rpm, sendo o coeficiente para esses dados igual a 5. Inicialmente foi colocada em um béquer quantidade suficiente de detergente para chegar até a marca indicada na haste do *spindle*. Posteriormente o equipamento foi nivelado e ligado.

Após a estabilização do equipamento, foi travada a rotação e efetuada a leitura da viscosidade. O valor obtido da leitura no equipamento, foi multiplicado pelo valor do coeficiente supracitado. Vale ressaltar que quando necessário a viscosidade pode ser corrigida com uso de espessantes orgânicos.

4.4 Determinação do Ponto de Turvação

Para a determinação do ponto de turvação, foi necessário o auxílio de uma geladeira e termômetro de mercúrio, como mostrado na **Figura 8** abaixo.

Figura 8 - Amostras em Geladeira para Determinação do Ponto de Turvação



Fonte: Do autor, 2018.

O procedimento para a determinação do ponto de turvação, iniciou-se com a adição de cerca de 25 mL de amostra em provetas de vidro. Em seguida, colocou-se o termômetro nas amostras e essas foram levadas ao congelador por 20 min.

Passados 10 min, as amostras foram retiradas do congelador e suavemente homogeneizadas por cerca de 20 s, sendo já nesse tempo observado se houve a turvação da amostra, em caso negativo a amostra foi recolocada no congelador por mais 10 min.

Nessa segunda etapa, onde a amostra foi recolocada no congelador, foi verificado a cada 1 min se a amostra havia permanecido límpida ou se havia acontecido a turvação. Determinou-se esse intervalo de tempo para que fosse anotada a temperatura correta do ponto de turvação. Observada a turvação da amostra, a temperatura foi anotada.

4.5 Determinação da Formação e Estabilidade de Espuma

Para a determinação da formação e estabilidade de espuma, foi necessário o auxílio de uma proveta de 250 mL com tampa. É mostrada na **Figura 9** abaixo, a proveta utilizada para a determinação da formação e estabilidade de espuma, bem como as seis formulações produzidas em laboratório, incluindo a formulação que foi descartada por apresentar turvação em temperatura ambiente.

Figura 9 - Determinação da Formação e Estabilidade de Espuma



Fonte: Do autor, 2018.

Como primeira etapa para a determinação da formação e estabilidade de espuma, preparou-se uma solução 1% m/v da amostra a ser analisada. Após o preparo da solução, foi retirada uma alíquota de 20 mL e transferida a uma proveta com tampa de 250 mL.

Em seguida a proveta foi agitada de forma vigorosa por cerca de 30 s. Após a agitação, a proveta foi colocada sobre a bancada, para ser lido e anotado o valor do volume do líquido mais o volume de espuma.

O sistema foi mantido em repouso por 5 min. Passados os 5 min, foi novamente lido e anotado o valor do volume do líquido mais o volume de espuma, para a determinação da estabilidade da espuma.

A **Equação 1** foi usada para determinar a porcentagem de espuma instantânea e a **Equação 2** para determinar a porcentagem de espuma estabilizada. A **Equação 3** foi utilizada para calcular a porcentagem da diferença entre a espuma instantânea e a espuma estabilizada. Vale ressaltar que, quanto mais próximo de zero for a diferença, maior será a estabilidade da espuma formada.

$$\%E_{instantânea} = \frac{V_i - V_s}{V_s} \times 100 \quad (1)$$

$$\%E_{estabilizada} = \frac{V_f - V_s}{V_s} \times 100 \quad (2)$$

$$Resultado = \%E_{instantânea} - \%E_{estabilizada} \quad (3)$$

5. Resultados e Discussões

Como supracitado no item quatro, foram realizados cinco testes de diferentes formulações para produção de um novo detergente a ser inserido no mercado. Dessa forma, a **Tabela 4** mostra a composição química de cada formulação preparada em laboratório.

Tabela 4 - Composição Química das Formulações

Composição Química das Formulações					
Componente	F1	F2	F3	F4	F5
Ácido Sulfônico	6,0%	5,5%	5,5%	2,5%	2,0%
Hidróxido de Sódio	2,0%	1,5%	1,5%	1,0%	0,6%
Lauril Éter Sulfato de Sódio	7,0%	5,6%	5,6%	6,5%	6,5%
Glicerina	-	-	1,0%	0,5%	0,5%
Isotiazolinonas	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Cloreto de Sódio	4,0%	1,2%	1,2%	-	-
Sulfato de Magnésio	-	-	2,0%	2,0%	1,8%
Côco Amida Propil Betaína	2,0%	0,5%	-	-	-
Essência	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%

Fonte: Do autor, 2018.

Todas as formulações descritas na **Tabela 4** foram realizadas para obtenção de 1000 mL de detergente. Nessa mesma tabela, não é considerada a porcentagem de corante utilizado, haja vista que a quantidade em cada formulação é muito baixa e não apresenta valor representativo.

O efeito da mudança nas composições químicas das formulações poderá ser observado nos resultados dos testes das propriedades físico-químicas.

Na **Tabela 5**, estão mostrados os valores obtidos na análise de pH tanto para as formulações executadas em laboratório quanto para os detergentes comerciais.

Tabela 5 - Resultados Obtidos para a Análise de pH

Amostra	Medida de pH	Amostra	Medida de pH
F1	7,23	DC5	6,49
F2	7,18	DC6	5,59
F3	7,02	DC7	7,3
F4	7,21	DC8	5,84
F5	6,73	DC9	5,96
DC1	6,79	DC10	7,61

DC2	7,22	DC11	5,66
DC3	4,04	DC12	7,13
DC4	7,15		

Fonte: Do autor, 2018.

Analisando os dados da **Tabela 5**, pode-se observar que o pH dos detergentes de marcas já consolidadas no mercado varia de 4,04 a 7,61. Como já visto anteriormente, o pH dos detergentes líquidos específicos, para lavar louças manual de venda livre deve estar compreendido entre 5,5 e 9,5 segundo Resolução Normativa nº 13/07 da ANVISA (2007)

Dos detergentes comerciais analisados apenas a amostra DC3 está fora da faixa que é regulamentada pela ANVISA, entretanto as amostras DC6, DC8, DC9 e DC11, apesar de estarem dentro da faixa regulamentar, apresentam disparidade em relação a outras amostras que possuem um pH mais próximo do pH neutro, que seria o mais ideal para um produto que estará em contato direto com a pele.

As formulações realizadas em laboratório por sua vez, apresentaram pH variando de 6,73 a 7,23, se aproximando muito mais de um pH neutro que a maioria dos detergentes comercializados atualmente. A amostra F3 apresentou o melhor resultado com pH = 7,02.

Na **Tabela 6**, estão mostrados os valores obtidos para a determinação da viscosidade tanto para as formulações executadas em laboratório quanto para os detergentes comerciais.

Tabela 6 - Resultados Obtidos para a Análise de Viscosidade

Amostra	Viscosidade (cP)	Amostra	Viscosidade (cP)
F1	400	DC5	152
F2	130	DC6	136
F3	390	DC7	364
F4	227	DC8	220
F5	200	DC9	86
DC1	177	DC10	269
DC2	183	DC11	176
DC3	139	DC12	204

Fonte: Do autor, 2018.

Analisando os dados da **Tabela 6**, pode-se observar que a viscosidade dos detergentes comerciais varia de 86 cP a 364 cP. Como já visto anteriormente, a viscosidade do detergente está mais relacionada à estética do produto que propriamente à eficácia da formulação, entretanto o aumento da viscosidade pode representar uma economia em relação ao seu uso, haja vista que tecnicamente seu rendimento aumenta com o aumento da viscosidade.

Dos detergentes comerciais, algumas amostras apresentaram um desempenho pouco satisfatório em comparação com as demais, tendo uma viscosidade abaixo de um valor médio das amostras comercializadas que é de cerca de 200 cP são elas: DC1, DC2, DC3, DC5, DC6, DC9 e DC11. Pode-se destacar em contrapartida a amostra DC7 que apresenta uma viscosidade bem acima da média.

As formulações realizadas em laboratório por sua vez, apresentaram uma variação de viscosidade de 130 cP a 400 cP. É interessante destacar, que apenas uma das formulações, a F2, está abaixo da média para os detergentes já presentes no mercado.

Destaca-se nas formulações de laboratório a amostra F1 e F3 que apresentaram, viscosidade de 400 cP e 390cP respectivamente.

Dos componentes de cada composição, três deles podem apresentar a função de espessante, ou seja, de aumento da viscosidade, são eles: cloreto de sódio, sulfato de magnésio e côco amida propil betaína.

A formulação F1 apresentou o melhor resultado para a análise de viscosidade. Esse resultado pode ser explicado pela composição da formulação, especialmente pela porcentagem de cloreto de sódio e côco amida propil betaína.

A formulação F3 também apresentou excelente resultado para a análise de viscosidade. Esse resultado pode ser explicado pela composição da formulação, especialmente pela porcentagem de cloreto de sódio e sulfato de magnésio.

Na **Tabela 7**, serão mostrados os valores obtidos para a determinação do ponto de turvação tanto para as formulações executadas em laboratório quanto para os detergentes de marcas já consolidadas no mercado.

Tabela 7 - Resultados Obtidos para a Análise do Ponto de Turvação

Amostra	Temperatura de Turvação (°C)	Amostra	Temperatura de Turvação (°C)
F1	0,1	DC5	0,5
F2	0,4	DC6	0,0
F3	1,0	DC7	0,5
F4	-0,1	DC8	-0,1
F5	-0,1	DC9	-0,1
DC1	0,5	DC10	-0,3
DC2	X	DC11	-0,2
DC3	3,0	DC12	0,5
DC4	5,0		

Fonte: Do autor, 2018.

Analisando os dados da **Tabela 7**, observa-se que a temperatura de turvação das amostras de detergentes de marcas já consolidadas no mercado varia de $-0,3^{\circ}\text{C}$ a $5,0^{\circ}\text{C}$. Assim como a viscosidade, a limpidez de um detergente não garante a eficácia do produto, entretanto tem uma conotação estética que associa esse parâmetro a sua eficiência.

Das amostras de detergentes comerciais as amostras DC3 e DC4 apresentam valores discrepantes entre as demais amostras e têm uma temperatura de turvação considerada alta. Destaca-se positivamente, a amostra DC2, que não foi observada a turvação da amostra, quando submetida a baixas temperaturas.

Analisando as amostras produzidas em laboratório verifica-se que existe uma variação da temperatura de turvação de $-0,1^{\circ}\text{C}$ a $1,0^{\circ}\text{C}$. Observa-se que as amostras F4 e F5 turvaram apenas à temperatura de $-0,1^{\circ}\text{C}$. Já a amostra F3, apresentou o pior resultado em relação à temperatura de turvação, apresentando turvação em $1,0^{\circ}\text{C}$.

A principal causa da turvação é um excesso de sal na composição química dos detergentes. Dessa forma, pode-se explicar a baixa temperatura para ponto de turvação nas formulações F4 e F5 pela baixa porcentagem de sal na composição.

Na **Tabela 8**, estão mostrados os valores obtidos para a determinação da formação de espuma e de sua estabilidade, tanto para as formulações executadas em laboratório quanto para os detergentes de marcas já consolidadas no mercado.

Tabela 8 - Resultados Obtidos para a Análise de Formação e Estabilidade de Espuma

Amostra	%$E_{instantânea}$	%$E_{estabilizada}$	Resultado (%)
F1	875	855	20
F2	1025	1025	0
F3	1050	1010	40
F4	770	750	20
F5	750	735	15
DC1	720	695	25
DC2	655	645	10
DC3	800	785	15
DC4	950	945	5
DC5	995	985	10
DC6	745	740	5
DC7	790	775	15
DC8	950	930	20
DC9	780	770	10
DC10	970	960	10
DC11	905	900	5
DC12	790	785	5

Fonte: Do autor, 2018.

Analisando os dados da **Tabela 8**, observa-se que a diferença entre a porcentagem de espuma instantânea e a porcentagem de espuma estabilizada das amostras dos detergentes comerciais varia de a 5% a 25%.

Mais uma vez, assim como a viscosidade e o ponto de turvação, a formação de espuma não garante a eficácia do produto, entretanto tem uma conotação estética que associa esse parâmetro à sua eficiência. Porém, a estabilidade da espuma formada deve

ser levada em consideração para que uma formulação seja considerada satisfatória. Para isto, foi analisado não só a espuma formada instantaneamente, mas também a estabilidade dessa espuma, que é expressa pelo resultado da diferença entre a espuma instantânea e a espuma estabilizada.

Assim analisando os resultados para os detergentes comerciais, pode-se destacar as amostras DC4, DC6, DC11 e DC12, que apresentaram um valor de apenas 5% para o resultado da diferença entre a espuma instantânea e a espuma estabilizada. Lembrando que, quanto mais esse número se aproxima de zero, mais estável é a espuma formada.

No geral, as amostras de detergentes comerciais obtiveram bons resultados nesse quesito, com apenas destaque negativo para as amostras DC1 e DC8 que ficaram bem acima das demais amostras.

As amostras produzidas em laboratório, em geral, não apresentaram um desempenho tão satisfatório, quanto à estabilidade de espuma. Entretanto, a amostra F2 apresentou o melhor resultado entre todas as amostras, laboratoriais e comerciais, com um resultado de 0%, ou seja, toda a espuma formada permaneceu estável. Sabe-se que o componente responsável pela formação de espuma é o lauril éter sulfato de sódio e a côco amida propil betaína é responsável pela estabilização da espuma formada. Uma menor porcentagem de sulfato de sódio associada à adição de côco amida propil betaína proporcionou esse resultado.

A **Tabela 9** abaixo mostra os resultados de todos os testes feitos para as cinco formulações obtidas em laboratório.

Tabela 9 - Panorama Geral dos Resultados Obtidos para as Amostras de Laboratório

Amostra	pH	Viscosidade (cP)	Temperatura de Turvação (°C)	Estabilidade de Espuma (%)
F1	7,23	400	0,1	20
F2	7,18	130	0,4	0
F3	7,02	390	1,0	40
F4	7,21	227	-0,1	20
F5	6,73	200	-0,1	15

Fonte: Do autor, 2018.

Ao analisar o conjunto dos resultados pode-se afirmar que todas as amostras formuladas em laboratório apresentaram resultados satisfatórios em ao menos duas análises, destacando-se a amostra F2 que apresentou um bom desempenho no conjunto dos parâmetros analisados.

6. Conclusões

O objetivo principal deste trabalho de conclusão de curso (TCC) foi desenvolver novas formulações de detergente e analisar suas principais propriedades físico-químicas, como: pH, viscosidade, turbidez e estabilidade de espuma.

Das formulações realizadas, foi possível observar as mudanças no desempenho dos detergentes delas, evidenciando a importância de se analisar diferentes composições para se chegar a uma que seja mais viável de se produzir em escala comercial.

Em geral, todas as amostras formuladas em laboratório apresentaram resultados satisfatórios para os quatro testes de pH, viscosidade, turvação, formação e estabilidade de espuma. Algumas amostras se destacaram mais em relação a outras, como a formulação F2 que devido à sua composição pôde apresentar bons resultados nas análises de pH, viscosidade, turbidez e estabilidade de espuma.

Dessa maneira, fazendo uma análise do conjunto dos resultados, como fechamento desse trabalho, será indicado a PHIQ – Philipéia Indústria Química LTDA, que de acordo com os resultados obtidos, levando em consideração apenas a análise de qualidade da formulação e não questões econômicas, já que essa análise não foi feita neste trabalho, que a formulação mais apropriada para se adotar em escala comercial é a F2.

7. Referências Bibliográficas

ABIPLA. **Anuário 2016**. São Paulo, Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Limpeza e Afins (ABIPLA), 2016. 11ª edição.

ABIPLA. **Anuário 2017**. São Paulo, Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Limpeza e Afins (ABIPLA), 2017. 12ª edição.

ANVISA. **Manual do Usuário Peticionamento Eletrônico de Registro de Produto Saneante**. Brasília-DF, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 2016.

ANVISA. **Resolução Normativa nº 1/78**. Brasília-DF, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 1978.

ANVISA. **Resolução Normativa nº 13/07**. Brasília-DF, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 2007.

ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. 5ª edição – Porto Alegre: Bookman, 2012.

BAIN & COMPANY. **Potencial de Diversificação da Indústria Química Brasileira, Relatório 4 – Tensoativos**. Rio de Janeiro, Bain & Company, 2014. 1ª edição.

BORSATO, D.; MOREIRA, I.; GALÃO, O. F. **Detergentes Naturais e Sintéticos Um Guia Técnico**. 2ª edição revisada – Londrina: Eduel, 2004.

CASTRO, H. F. de. **Sabões e Detergentes**. Processos Químicos Industriais II. Apostila 6. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de Lorena, 2009.

CHANG, R. **Química Geral Conceitos Essenciais**. 4ª edição – Porto Alegre: AMGH, 2010.

DALTIN, D. **Tensoativos: Química, Propriedades e Aplicações**. São Paulo: Blucher, 2011.

NETO, O. G. Z.; PINO, J. C. D. **Trabalhando a Química dos Sabões e Detergentes**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Química, 2011.

PEREIRA, F. S. G. **Processos Químicos Industriais**. Curso: Técnico em Química. Notas de aula. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, 2010.

PRATES, M. M. **Determinação de Propriedades Físico-Químicas de Sabões Comerciais em Barra para Controle de Qualidade**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química) – Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SHREVE, R. N. & BRINK Jr, J. A. **Indústrias de Processos Químicos**. 4ª edição - Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1980.

SILVA, A. G. da. **Tensoativos na Indústria dos Detergentes**. Boletim Sociedade Portuguesa de Química (SPQ), Lisboa, Série II, N° 44/45, p. 45 – 51, 1991.

TOMAZONI, J. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L.; FLHO, E. F. R. **Utilização de Medidas de Turbidez na Quantificação da Movimentação de Sólidos por Veiculação Hídrica nas Bacias dos Rios Anta Gorda, Brinco, Coxilha Rica e Jirau – Sudoeste do Estado do Paraná**. In: Boletim Paranaense de Geociências. 57ª edição. Paraná: UFPR, 2005. p. 49 – 56.