

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

JAKSON ALBERTI

**MÁQUINA DE BAIXO CUSTO PARA FABRICAÇÃO DE SABÃO
ECOLÓGICO COM ÓLEO RESIDUAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO
2016

JAKSON ALBERTI

**MÁQUINA DE BAIXO CUSTO PARA FABRICAÇÃO DE SABÃO
ECOLÓGICO COM ÓLEO RESIDUAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Engenharia Mecânica.
Orientador: Prof. Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa

PATO BRANCO
2016

FOLHA DE APROVAÇÃO

MÁQUINA DE BAIXO CUSTO PARA FABRICAÇÃO DE SABÃO ECOLÓGICO COM ÓLEO RESIDUAL

Jakson Alberti

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 21/06/2016 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

Prof. Janerson Forner Flores
(UTFPR – Departamento de Mecânica)

Prof. Dr Pedro Paulo Pereira
(UTFPR – Departamento de Química)

Prof. Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa
(UTFPR – Departamento de Mecânica)
Orientador

Prof. Dr. Bruno Bellini Medeiros
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, pelo apoio incentivo e paciência durante o período de graduação. Aos meus irmãos que de alguma forma estiveram ao meu lado. E principalmente a Jéssica, minha namorada, amiga e companheira de muitos anos que sempre esteve ao meu lado me acalmando, ajudando e incentivando de todas as formas possíveis.

Ao meu orientador Professor Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa, pelas conversas conselhos e orientações passadas durante a realização deste trabalho.

Aos professores Edimir Andrade Pereira, Edenes Schroll Loss e Pedro Paulo Pereira por toda contribuição ao trabalho na parte química, que de certa forma não seria possível a sua conclusão.

A toda comunidade acadêmica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR pelo apoio e incentivo ao longo da graduação.

RESUMO

ALBERTI, Jakson. Máquina de baixo custo para fabricação de sabão ecológico com óleo residual. 2016. 84 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica do Paraná, Pato Branco, 2016.

A crescente utilização de óleos vegetais na preparação de alimentos e a falta de conhecimento dos problemas que o descarte incorreto provoca ao meio ambiente, principalmente nos corpos hídricos e conseqüentemente ao homem, faz com que sejam necessárias novas concepções de meios que auxiliem na conscientização da população para uma destinação apropriada com base na reciclagem do óleo vegetal residual para obtenção de novos produtos. A utilização deste óleo em processos como a saponificação para a produção de sabão em barra é uma forma sustentável que tem ganhos econômicos, sociais e principalmente ambientais. A fabricação de sabão de forma manual, torna o processo lento e apresenta riscos à saúde devido a exposição à produtos químicos nocivos ao homem. O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma máquina segura e automatizada que agilize o processo utilizando valores de custos para a fabricação de um protótipo verificando a sua viabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Óleo vegetal, reciclagem óleo vegetal, saponificação, máquina segura e automatizada, viabilidade econômica.

ABSTRACT

ALBERTI, Jakson. Low cost machine for the manufacture of ecological soap with residual oil. 2016. 84 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica do Paraná, Pato Branco, 2016.

The growing use of vegetable oils in food preparation and lack of knowledge of the problems that incorrect disposal causes to the environment, especially in water bodies and hence to man, makes necessary new concepts means to assist in public awareness for an appropriate destination based on the recycling of the waste vegetable oil to obtain new products. Using this oil as the saponification processes for the production of bar soap is a form of sustainability which has economic gains, social and particularly environmental. The manual way of soap manufacturing, makes the slow process and presents health risks due to exposure to chemicals harmful to man. This study aims to develop a safe and automated machine that streamline the process using cost values for the manufacture of a prototype checking its viability.

KEYWORDS: Vegetable oil, recycling vegetable oil, saponification, secure and automated machine, economic viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Armazenamento Correto do Óleo.....	14
Figura 2 - Fluxo de Coleta de Óleo da ECÓLEO.....	17
Figura 3 - Reação de Saponificação.....	19
Figura 4 - Modelos de Agitadores.....	25
Figura 5 - Tipos de Fluxos.....	26
Figura 6 - Reciclador de Óleo.....	28
Figura 7 – Máquina Motorizado Para Sabão em Barra.....	29
Figura 8 - Tipo de Reômetros.....	31
Figura 9 - Reômetros Rotacionais Tipo Placas Paralelas e Cone/Placa.	32
Figura 10 – Aparato de Teste Típico de Cilindros Concêntricos.....	33
Figura 11 – Viscosímetro Capilar de Pressão Variável.....	34
Figura 12 - Viscosímetro Capilar tipo Ubbelohde (Esquerda). Viscosímetro Capilar Tipo Cannon-Fenske (Direita).	35
Figura 13 - Influencia do comprimento do capilar sobre o resultado dos testes em viscosímetros de orifício.....	36
Figura 14 - Seção transversal de um viscosímetro de queda de bola.	36
Figura 15 - Vários tipos de comportamento de fluxo.....	38
Figura 16 - Curva de Fluxo.	39
Figura 17 - Curva de Viscosidade.....	39
Figura 18 - Medidas do Misturador Padrão.	43
Figura 19 - Numero de Potência (NP) vs NRe.....	45
Figura 20 - Relação de Tempo de Mistura para Líquidos Miscíveis em um Tanque Agitado por Turbina.	48
Figura 21 - Motor de Corrente Contínua.	49
Figura 22 - Motor Corrente Alternada.....	50
Figura 23 - Mistura de Sabão Utilizando a Receita A.	54
Figura 24 - Mistura de Sabão Utilizando a Receita B.	54
Figura 25 - Viscosímetro Rotacional Brookfield.....	56
Figura 26 - Dimensionamento Tanque de Mistura.....	60
Figura 27 - Proposta de Turbina Rushton.....	61
Figura 28 - Motor Bosch CHP 24V 17W.....	63
Figura 29 - Vista Isométrica do Protótipo.....	65
Figura 30 - Vista Isométrica do Protótipo Ampliado.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Soda cáustica em escamas de Grau Rayon.....	20
Tabela 2 - Álcool Etílico Absoluto	20
Tabela 3 - Viscosidade do óleo vegetal (mPa.s).	21
Tabela 4 - Soda cáustica em escamas de Grau Rayon.....	23
Tabela 5 - Valores para as constantes KL e KT	46
Tabela 6 - Valores de Ph	55
Tabela 7 – Fator de Conversão	57
Tabela 8 – Valores Obtidos no Viscosímetro – Receita Fria	57
Tabela 9 – Valores da Viscosidade após conversão (mPa.s) – Receita Fria.....	57
Tabela 10 – Valores Obtidos no Viscosímetro – Receita Quente.....	58
Tabela 11 – Valores da Viscosidade após conversão (mPa.s) – Receita Quente.....	58
Tabela 12 – Valores da Viscosidade após conversão (mPa.s) – Comparação Entre Receitas	58
Tabela 13 - Custos gerais da Máquina	66
Tabela 14 – Comparativo de Retorno de Investimento.....	68
Tabela 15 – Dados Para Ampliação	69

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. OBJETIVOS	11
1.1.1. Objetivo Geral	11
1.1.2. Objetivo Específico	11
1.2. JUSTIFICATIVA	11
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1. ÓLEO RESIDUAL	13
2.2. RECICLAGEM.....	13
2.2.1. Legislação	15
2.3. CICLO DE RETORNO.....	16
2.3.1. Disponibilidade de Óleo Residual	16
2.4. SABÃO ECOLÓGICO	18
2.4.1. Soda Cáustica.....	19
2.4.2. Álcool	20
2.4.3. Óleo Vegetal Residual	21
2.4.4. Compostos Extras.....	21
2.4.5. Índice de pH.....	22
2.4.6. Índice de Saponificação.....	22
2.5. FABRICAÇÃO CASEIRA	23
2.6. PROJETO DE MÁQUINA PARA FABRICAÇÃO DE SABÃO.....	24
2.6.1. Filtragem do Óleo Residual.....	24
2.6.2. Dosador.....	25
2.6.3. Agitador.....	25
2.6.4. Análise de Retorno de Investimento	27
2.7. PROJETOS SIMILARES	27
2.8. CUSTOS OPERACIONAIS	29
2.9. LEGISLAÇÃO PERTINENTE PARA O PROJETO.....	30
2.10. REOLOGIA E REOMETRIA.....	31
2.10.1. Reômetros e Viscosímetros rotacionais	32
2.10.2. Reômetros e Viscosímetros capilares	33
2.11. Classificação reológica dos líquido	37
2.12. LEVANTAMENTO DE DADOS	40
2.13. DIMENSIONAMENTO DO PROJETO	42
2.13.1. Determinação da Viscosidade	42
2.13.2. Agitador	42

2.13.3. Tempo de Mistura.....	48
2.13.4. Motor	49
2.13.5. Dimensionamento do Eixo de Mistura	50
2.13.6. Bandeja de Deposição Final.....	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
4.1. ESCOLHA DA RECEITA DE SABÃO.....	53
3.1. DETERMINÇÃO DO pH.....	55
3.2. DETERMINÇÃO DA VISCOSIDADE.....	55
3.3. TANQUE DE MISTURA	59
3.4. AGITADOR.....	61
3.5. DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA	62
3.7. TEMPO DE MISTURA.....	64
3.8. PROJETO	64
4.8.1. CUSTO DO PROTÓTIPO	65
4.9. AMPLIAÇÃO DO PROJETO	68
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICES.....	78
ANEXOS	82

1. INTRODUÇÃO

Com a falta de tempo e pela facilidade que a utilização de óleo vegetal apresenta na preparação de alimentos, o homem passou a utilizá-lo para cozinhar suas refeições de forma ágil. Contudo pela falta de informação, o óleo que deveria ser reciclado, passa a ser descartado de forma indevida em ralos de pias chegando aos corpos hídricos, gerando impactos ambientais negativos e aumento dos custos para a manutenção de redes de esgotos e no tratamento da água (VELOSO et al. 2012).

A criação de projetos e atividades, tais como palestras que focam a conscientização dos possíveis problemas que a destinação incorreta pode causar, aliados a introdução de métodos de criação de produtos derivados da reciclagem do óleo vegetal usado, é uma das formas para mudar as atitudes das pessoas proporcionando um ciclo de transformação do produto poluente em gerador de renda para quem necessita (WILDNER; HILLING, 2012).

Segundo Veloso et al. (2012), através da reciclagem e reaproveitamento do óleo vegetal residual é possível obter subprodutos como o sabão, entre outros. O sabão é utilizado para remoção de sujeiras como gorduras devido a suas propriedades físico/químicas; obtido através do processo de saponificação, que é uma reação química entre um material graxo (óleo vegetal) e uma base (soda cáustica) (SOLOMONS; FRYHLE, 2006).

O processo de reciclagem pode ser realizado manualmente e ou por uma máquina de reciclagem que pode conter a função de armazenamento do óleo residual para posterior conversão em sabão biodegradável. O processo de saponificação ocorre com a adição dos compostos ao tanque da máquina criando uma mistura homogênea, que após um período de tempo de cura gera o sabão em barra (JÚNIOR, 2011).

O desenvolvimento do projeto da máquina necessita atender níveis de segurança, evitando o contato em partes móveis e possíveis problemas mecânicos que ela possa apresentar (SCHNEIDER, 2011). Para tanto, existe normas regulamentadoras como a NR-12 do Ministério do Trabalho e Emprego - M.T.E. e

disponibilizada pela Secretária de Inspeção do Trabalho - SIT (2011), que define requisitos mínimos da máquina para ser segura ao operador.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Desenvolver um protótipo de um equipamento de baixo custo para reciclagem de óleo residual por meio da fabricação de sabão em barra, analisando o tempo de retorno do capital investido.

1.1.2. Objetivo Específico

Para que seja possível a concretização do projeto da máquina recicladora de óleo residual, os vetores que nortearão o trabalho são:

- Definir os parâmetros para a fabricação de sabão ecológico;
- Definir as etapas e materiais utilizados na fabricação do sabão ecológico;
- Analisar a viscosidade das misturas e do pH do sabão ecológico;
- Projetar uma máquina para sabão ecológico;
- Verificar a viabilidade econômica do equipamento.

1.2. JUSTIFICATIVA

Um litro de óleo descartado erroneamente pode contaminar até 20 mil litros de água potável (SABESP, 2015). Segundo Carvalho e Souza (2014), o custo do tratamento de água pode sofrer um acréscimo de até 45% por consequência do aumento dos custos de limpeza e manutenção de tubulações de esgoto além de gerar danos ambientais.

A criação de programas sociais com palestras e cursos que visam a conscientização da população, são uma forma de sensibilizar e alertar sobre os danos que o óleo causa ao meio ambiente, possibilitando geração de renda para pessoas necessitadas e, consecutivamente proporcionar a criação de uma rede de

conhecimentos que difunde informações e as vantagens da reciclagem (WILDNER; HILLING, 2012).

A destinação correta ocorre através da reciclagem do óleo residual de forma a reaproveita-lo por meio da criação de novos produtos derivados deste material como, por exemplo o sabão, reduzindo assim o impacto ambiental que prejudica de forma direta e indireta todos os seres vivos (VELOSO et al. 2012).

O presente projeto tem como foco a sustentabilidade integrando a questão social, ambiental e econômica, utilizando o reaproveitamento de óleo residual para fabricação de sabão através de uma máquina automatizada, tendo em vista que pessoas comuns utilizam a forma manual ou máquinas improvisadas que não apresentam segurança, como meio de facilitar e agilizar o processo.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Para melhor compreensão, este trabalho está dividido em capítulos, onde o capítulo 1 introduz o tema que será abordado, apresentando objetivos e justificativas para sua realização. Para entendimento sobre o problema e quais ferramentas serão utilizadas, o capítulo 2 apresenta o referencial teórico sobre o assunto. Com toda a informação apresentada anteriormente, o capítulo 3 mostra como foi realizado o estudo e sua execução. Assim com os dados coletados, estes são apresentados e discutidos no capítulo 4. Por fim é apresentado sugestões e considerações no capítulo 5 para realizações em trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ÓLEO RESIDUAL

Com o crescimento populacional, houve um aumento na produção de óleo de cozinha para atender a demanda, gerando uma grande quantidade de resíduos produzidos e, como há uma dificuldade em se descartar adequadamente, os riscos ambientais aumentam significativamente, fato que pode ser evitado através de um programa de logística reversa mitigando possíveis impactos decorrentes do uso desenfreado do produto (SANTOS, 2009).

No Brasil, segundo a Sabesp (2015), a produção desse produto é maior que 3 bilhões de litros de óleo vegetal por ano, cada família consome em média 4 litros por mês descartando cerca de 1 litro. O óleo de fritura descartado indevidamente afeta rios e lagos, uma vez que 1 litro de óleo pode contaminar até 20 mil litros de água.

Após a utilização de óleos de cozinha para a fritura de alimentos é gerado um óleo residual em lares, indústrias e estabelecimentos comerciais. Este óleo geralmente é despejado de forma irregular em pias e vasos sanitários, ou lançados diretamente em corpos hídricos, acarretando danos ambientais como a poluição da água e assim elevando o custo do processo de tratamento da mesma (REQUE; KUNKEL, 2010).

2.2. RECICLAGEM

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) com a Lei N° 12.305 de 2 de agosto de 2010 considera a reciclagem um processo de criação de novos produtos com a reutilização de resíduos que passaram por uma alteração de suas propriedades físicas, químicas ou biológicas sendo esta prática vistoriada por órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e pode ser feita tanto por pessoas físicas quanto por pessoas jurídicas (BRASIL, 2010).

A Resolução nº 275 de 25 de abril de 2001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), propõem a implantação de políticas que incentivam a reciclagem de resíduos no país, por meio de campanhas de educação ambiental,

afim de se reduzir o consumo de recursos naturais e não-renováveis, que geram impactos ambientais associados a obtenção e destinação final da matéria-prima.

A realização da coleta seletiva é de grande importância segundo Rabelo (2008), pois contribui na separação e coleta de óleo residual que poderia ser descartado de forma irregular no meio ambiente, incentivando a conscientização da população e assim a destinação adequada do óleo, contribuindo para a manutenção do equilíbrio ambiental. Para a realização da reciclagem, segundo a Abiove (2015) deve ser seguido alguns passos conforme o fluxograma na figura 1.



Figura 1 - Armazenamento Correto do Óleo.
Fonte: ABIOVE (2015).

De acordo com Heinzen e Junglos (2013), os resíduos devem ser encarados com maior preocupação para a manutenção da vida no planeta, não podendo ser considerados como o fim de um ciclo e sim como o início de outro. Os autores, adotam conceito dos 3 R's que significa: **Reduzir**, **Reutilizar** e **Reciclar**. Assim, o ser humano deve consumir ou comprar menos, reutilizar mais de uma vez o produto e reciclar de forma a reaproveitar o material para a criação de algo novo, esse conceito gerou a ideia de sustentabilidade que vem se tornando cada vez mais popular.

Esta idealização consiste em estabelecer uma ordem que mantenha o meio ambiente equilibrado e em harmonia. A reciclagem cria um espírito de coletividade entre a população, onde se espera chegar a um mesmo fim que é buscar por alternativas criativas para problemas que afetam de forma direta a todos (HEINZEN; JUNGLOS, 2013).

2.2.1. Legislação

A Lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 trata sobre os resíduos sólidos onde estão proibidas formas de destinação final como lançamento em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos, in natura a céu aberto, queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade sendo de responsabilidades dos geradores junto com o poder público sua correta destinação (BRASIL, 2010).

Segundo Santos (2009), no Congresso Federal tramita o projeto de lei Nº2074/2007, que dispõem sobre a obrigação dos postos de gasolina, hipermercados, empresas vendedoras ou distribuidoras de óleo de cozinha e estabelecimentos similares de manter estruturas destinadas à coleta de óleo de cozinha utilizado.

Já a lei nº 2076/2007 expressa a obrigação das empresas produtoras de óleo de cozinha a informar em seus rótulos sobre a necessidade de reciclagem do produto, contendo advertência sobre a destinação correta do produto após o uso e de manter estruturas adequadas para a coleta de óleo dispensado (SANTOS, 2009).

Como no Brasil as leis são brandas, os estados e municípios segundo Junior et al. (2009), acabam criando campanhas que geram incentivos fiscais e sociais, para as atividades econômicas decorrentes da coleta e da reciclagem de óleos e gorduras de uso alimentar, criando assim centrais de coleta de óleo de cozinha.

Conforme a lei nº 4.330 de 2 de setembro de 2015 do município de Francisco Beltrão, instituiu-se o programa municipal de coleta seletiva de óleo de cozinha para fabricação de sabão caseiro no município. O Art. 7º define que a destinação final dos resíduos oriundos da utilização de óleo de origem vegetal de uso culinário deverá ser realizada de forma ambientalmente adequada e em locais devidamente licenciados pelos órgãos ambientais, ficando proibido:

I - Lançamento em pias, ralos, ou canalizações que levem ao sistema de esgotos públicos;

II - Lançamento em guias e sarjetas, bocas de lobo, bueiros ou canalizações que levem ao sistema de drenagem de águas pluviais;

III - Lançamento em córregos, rios, nascentes, lagos e lagoas;

IV - Lançamento em locais não licenciados, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos.

2.3. CICLO DE RETORNO

De acordo com Junior et al. (2009), para que o óleo sirva como matéria prima, é preciso seguir alguns procedimentos que devem ser sequenciais, de modo que a produção de produtos oriundos deste óleo ocorra adequadamente. O primeiro passo é o acondicionamento, nas residências pode ser utilizados recipientes com capacidades entre 500 mL e 2000 mL e levados a pontos de coleta. Em estabelecimentos comerciais ou condomínios é indicado a utilização de bombonas (tambores de plástico).

No passo seguinte, a coleta que deverá ocorrer através de um veículo com caçamba ou adaptado com um tanque e uma mangueira de sucção, para transportar este óleo o veículo passa a fazer uma rota pré-definida seguindo para os endereços onde há óleo para recolher (JUNIOR et al., 2009).

O próximo passo é o armazenamento, onde a empresa coletora pode optar por enviar diretamente o conteúdo da operação para o produtor ou estocar até que atinja certa quantidade antes de enviar para a produção, podendo ainda ou não, passar pelo processo de filtragem, que remove todas as impurezas e resquícios dos alimentos com os quais o óleo entrou em contato (JUNIOR et al., 2009).

Junior et al. (2009), observa que em todas as etapas do ciclo de retorno há escolhas envolvidas que dependem da estratégia usada. O processo geral deve ter a soma de seus custos menor do que o valor da matéria retornada para que se obtenha lucro.

2.3.1. Disponibilidade de Óleo Residual

Com base em pesquisas utilizando um método quanti-qualitativo, Wildner e Hilling (2012), observaram que o consumo de óleo é de aproximadamente 2 a 3 litros por mês e 25% das pessoas entrevistadas fazem o descarte na pia ou no solo, contudo mais da metade das pessoas entrevistadas fazem a reciclagem para produção de sabão ou fazem doação de seu óleo residual.

Nas pesquisas de Baldasso, Paradela e Hussar (2010), a utilização é de 3 a 4 litros por mês sendo que 30% dos entrevistados jogam o óleo na pia e 70% fazem a reciclagem para produção de sabão ou fazem doação de seu óleo residual.

Com a utilização de palestras e conscientização sobre os efeitos que o descarte incorreto do óleo traz para o meio ambiente, Wildner et al. (2012) comentam que os entrevistados optaram pela doação, descarte em pontos de coleta e pela fabricação de sabão, mostrando que esse tipo de atividade ajuda a esclarecer os problemas do seu descarte incorreto, demonstrando a sua eficácia para conscientizar e mudar as atitudes da população.

A Ecóleo criou uma forma de reciclagem nucleada conforme é apresentado na figura 2, com redes de conexão entre associados, pontos de coleta e fornecedores, sendo esta utilizada no estado de São Paulo e se estendeu para todos os estados brasileiros (OLIVEIRA, 2014).

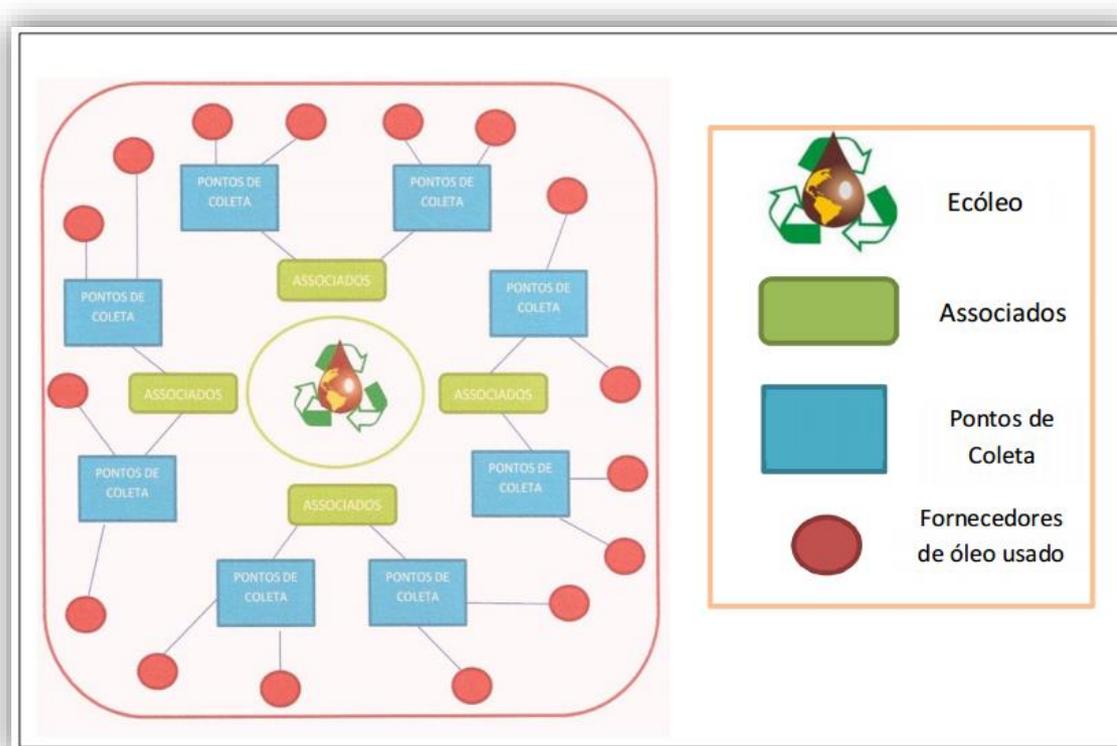


Figura 2 - Fluxo de Coleta de Óleo da ECÓLEO.
Fonte: Oliveira (2014).

Para armazenar o óleo vegetal usado é necessário esperar ele esfriar, com o auxílio de um funil despejar em uma garrafa PET, sendo esta recomendada por ser resistente a quedas e choques provenientes do transporte. A garrafa deve ser fechada com a tampa para que não exale odor e nem permita que o fluido saia do recipiente. O recipiente precisa estar limpo e caso o óleo escorra pela embalagem a sua limpeza pode ser feita com guardanapo de papel, assim como a panela e o funil, jogando o mesmo no recipiente de resíduos orgânicos, evitando que o óleo residual

entre em contato com a água. Assim que a garrafa PET estiver cheia, deve ser lavada para o ponto de recolhimento (TRIÂNGULO, 2015).

2.4. SABÃO ECOLÓGICO

Os sabões funcionam como removedores de sujeira, principalmente gorduras e óleos. A água sozinha é incapaz de eliminar a gordura, mas utilizando as soluções de sabão, suas cadeias de hidrocarbonetos podem se dissolver na camada oleosa fazendo com que a camada mais externa da sujeira seja compatível com uma superfície polar no caso a água, assim é possível realizar a limpeza da superfície (SOLOMONS; FRYHLE, 2006).

Segundo Nascimento et al. (2010), o sabão que é produzido com o óleo residual tem uma taxa de degradação maior que os sabões comuns, tendo em vista que não contem fósforo em sua composição, sendo um composto altamente poluente na água que causa a proliferação de algas tóxicas, além de alterar a cor, odor e o sabor da água.

A gordura (lipídio), é um composto de origem biológica que pode ser dissolvida em solventes apolares, sendo possível obter ácidos carboxílicos de cadeia longa através da utilização de solventes em uma fração total de lipídio, gerando ésteres de gliceróis ou triacilgliceróis. Em temperatura ambiente os líquidos são chamados de óleo vegetais e quando sólidos chamados de gorduras. A reação através da hidrólise alcalina de triacilgliceróis ou saponificação observado na figura 3, produz uma mistura de sais de ácidos carboxílicos de cadeia longa, sendo os sais chamados de sabões (SOLOMONS; FRYHLE, 2006).

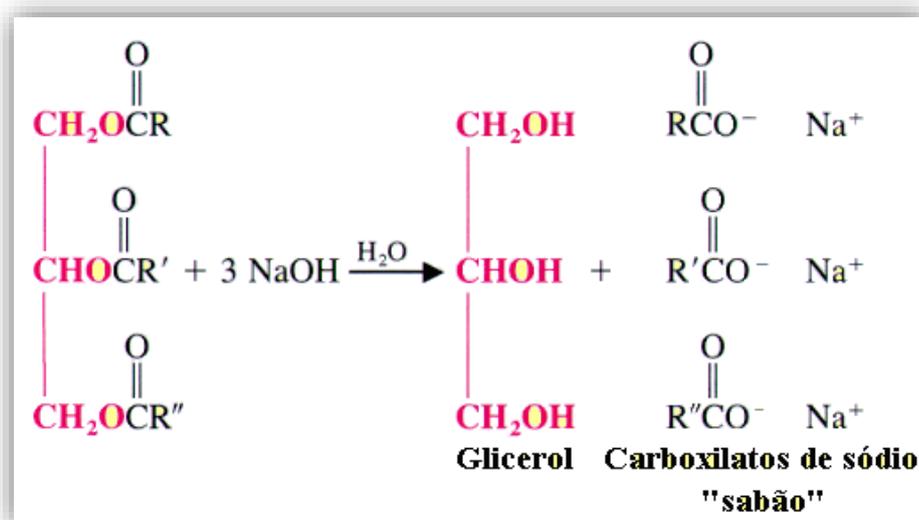


Figura 3 - Reação de Saponificação.
Fonte: Solomons; Fryhle (2006).

As gorduras e óleos são fervidos em hidróxido de sódio aquoso (NaOH) até que a hidrólise se complete, em seguida adiciona-se cloreto de sódio (NaCl) à mistura e ocorre a precipitação do sabão de forma a se separar do glicerol que pode ser extraído através da destilação. Para produzir sabões de polimento ou com aromas, pode ser inserido areia ou carbonato de sódio e perfumes na solução (SOLOMONS; FRYHLE, 2006).

A coloração da barra finalizada de sabão é definida pela aparência do óleo residual utilizado mesmo esse passando por estágios de filtração, podendo ser alterado com o uso de corantes. Com relação ao odor do sabão pode ser utilizado produtos de limpeza como desinfetantes a base de pinho ou eucalipto (GOUVEIA et al., 2010).

2.4.1. Soda Cáustica

Segundo a Carbocloro (2015), a soda cáustica em escamas (NaOH) é obtida a partir do processo de evaporação da soda cáustica líquida, da fusão do produto anidro (que não contém água), e do processo de escamação, sendo capaz de absorver a umidade do ar, é utilizada na fabricação de sabões e detergentes apresentando as seguintes características físico-química, como pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1 - Soda cáustica em escamas de Grau Rayon

Fórmula química	NaOH
Peso molecular	40,00
Ponto de fusão	318 °C
Ponto de ebulição	1390 °C
Peso específico (20 °C / 20 °C)	2,13 g/cm ³
Cor	Escamas Brancas
Solubilidade em água (20 °C)	109g/ 100g água

Fonte: Carbocloro (2015).

Alguns cuidados devem ser tomados com a soda cáustica, segundo Benedito e Minatti (2014), o manuseio deve ser feito em uma área ventilada ou com sistema geral de ventilação ou exaustão local, evitando o contato e inalação do produto através da utilização de EPI's como luvas, avental de borracha, protetor respiratório e óculos. É aconselhável também, utilizar materiais de aço inoxidável e evitar metais como o alumínio, zinco, estanho e suas ligas, porque reagem com os compostos da solução.

2.4.2. Álcool

O álcool é um produto altamente inflamável, conseqüentemente deve ser evitado colocar o produto em contato com calor excessivo e materiais de metais alcalinos e substâncias que contenham oxidantes fortes. O seu manuseio necessita ser feito com luvas e utilização de máscara respiratória (LABSYNTH, 2009). Suas propriedades podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 2 - Álcool Etílico Absoluto

Fórmula química	C ₂ H ₆ O
Ponto de inflamabilidade	12 °C
Ponto de fusão	114,5 °C
Ponto de ebulição	78 °C
Peso específico (20 °C)	0,80 g/cm ³
Cor	Incolor
Odor	Alcoólico
Solubilidade em água (20 °C)	Solúvel a qualquer proporção

Fonte: Adaptado Labsynth (2009).

2.4.3. Óleo Vegetal Residual

De acordo com Salles (2010), o óleo vegetal que dá origem aos óleos de cozinha, é uma gordura obtida através de plantas oleaginosas como a soja, canola, girassol e milho. Suas moléculas são formadas pela união de glicerol e ácido graxos insaturados chamados triglicerídeos que são classificados como lipídios. Os óleos são muito utilizados na preparação de comidas através da fritura, que transfere o calor para o alimento, o que causa degradação em sua estrutura, sobretudo se usado por muito tempo.

Segundo Veloso et al. (2012), os óleos residuais de fritura que não podem mais ser utilizados, são coletados e reciclados, pois podem ser reutilizados em processos químicos na produção de novos subprodutos como, por exemplo, resinas para tintas, produção de biodiesel e sabões.

Partindo da premissa que óleo de cozinha acarreta prejuízos se descartado incorretamente no meio ambiente, o reaproveitamento para fabricação de sabão ecológico em barra além de ajudar na questão ambiental é uma forma de geração de renda (LEAL et al., 2010).

A utilização de óleos vegetais em diferentes temperaturas resulta em diferentes viscosidades conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Viscosidade do óleo vegetal (mPa.s).

T(°C)	Soja	Milho	Girassol	Arroz	Algodão	Oliva	Canola
20,0	59,0	67,6	58,3	73,8	67,7	79,7	73,1
30,0	41,2	47,4	41,3	50,5	47,3	55,4	50,5
40,0	29,5	32,3	29,1	34,3	33,4	37,8	35,6
50,0	22,3	24,8	21,3	24,5	24,6	26,2	25,2
60,0	16,7	18,5	16,4	19,2	18,0	21,4	19,1
70,0	12,6	14,0	12,6	14,2	14,0	14,9	15,5

Fonte: Brock et al. (2008).

2.4.4. Compostos Extras

Segundo Da Motta (2007), as matérias primas que quando incorporados ao produto tem apenas a finalidade de melhorar a qualidade ou diminuir custos, podem ser consideradas secundárias sendo utilizadas ou não no processo de fabricação.

Matérias de recheio ou cargas como o silicato de sódio ou popularmente conhecido como água de vidro, tem como objetivo a redução de custos pois tornam os sabões mais sólidos e duráveis. Corantes e perfumes visam melhorar o aspecto e o odor do sabão.

2.4.5. Índice de pH

O Índice de potencial de hidrogeniônico (pH) é uma forma de medir com a escala de 0 a 14 se o produto é uma substância ácida que corresponde de 0 a 7, neutra igual a 7 ou básica de 7 a 14. O uso de produtos como o sabão básico pode aumentar o pH da pele, enquanto sabões ácidos podem diminuir. Considerando que a pele de um ser humano adulto possui pH entre 4,6 e 5,8 e crianças um pH de 7, as propriedades fisiológicas da pele podem ser alteradas, dessa forma é indicado a produção de um sabão neutro (PEDROSA, 2015).

A maioria das receitas segundo Souza (2008) criam um sabão básico, que gera muita espuma e tem uma qualidade de limpeza melhor aumentando a qualidade do produto. Mas a utilização destes sabões além de alterar o pH das mãos pode causar problemas de saúde, alterar o meio ambiente pois seu descarte ocorre através do esgoto e conseqüentemente nos corpos hídricos. Segundo a resolução normativa nº 1/78 o sabão deve ser neutro com um valor de pH igual a 7 (ANVISA, 1978).

2.4.6. Índice de Saponificação

Para o cálculo referente a quantidade de soda cáustica necessária para a correta fabricação de sabão em barra, segundo Mercadante e Assumpção (2010), a quantidade de gordura adicionada na mistura deve ser levada em consideração, sendo este índice a quantidade necessária de soda para transformar 1 grama de gordura em sabão conforme a tabela 4.

Tabela 4 - Soda cáustica em escamas de Grau Rayon

Materiais graxos – Óleos e Gordura	Fator de multiplicação
Óleo de algodão	0,1390
Óleo de canola	0,1240
Óleo de coco	0,1910
Óleo de girassol	0,1350
Óleo de milho	0,1370
Óleo de soja	0,1360
Óleo de oliva	0,1353
Sebo de bovino	0,1400

Fonte: Adaptado de Mercadante e Assumpção (2010).

2.5. FABRICAÇÃO CASEIRA

Segundo Da Motta (2007), a fabricação de sabões sólidos em barra utiliza o processo de saponificação onde é empregado como matéria prima sebos e óleos, soda cáustica e sal que serve como removedor de impurezas. O processo pode requerer fervura dependendo do meio graxo utilizado, como os sebos que necessitam ser derretidos, o que gera mais custos que serão adicionados na obtenção do produto final.

O processo de fervura integral é considerado o melhor e mais empregado por empresas, uma vez que produz um sabão mais puro e subprodutos como a glicerina. O processo de semi-fervura e fervura a frio apresenta muitas impurezas e não ocorre a extração de glicerina podendo ocasionar a presença de gorduras não saponificadas de forma a produzir um sabão de baixa qualidade, mas são econômicos e simplificam o procedimento (DA MOTTA, 2007).

Silva et al. (2012), apresentou metodologias para produção de sabão a partir de óleo comestível residual com base na textura e aparência dos produtos. Através de pesquisas de qualidade dos produtos, a receita que obteve melhor aceitação, foi produzida utilizando um recipiente plástico, onde para cada 1 L de óleo aquecido a 60 °C foi adicionado 400 mL de soda cáustica e 40 mL de amaciante de roupas, a mistura foi homogeneizada durante 20 minutos. Posteriormente, foi adicionado 8 mL de óleo essencial e então o produto final foi colocado em formas plásticas por 24 horas e mantidos à temperatura ambiente por 15 dias. Para acerta o pH neutro

Alberici e Pontes (2003), sugerem que deve ser adicionado vinagre (ácido acético) à receita.

A fabricação de sabão caseiro sendo fácil ou complexo, é uma prática não recomendada visto que envolve uso de soda cáustica que é um material corrosivo e seu uso sem os devidos cuidados é prejudicial ao meio ambiente e à saúde (OLIVEIRA, 2014).

2.6. PROJETO DE MÁQUINA PARA FABRICAÇÃO DE SABÃO

A implantação de projetos utilizando automação geralmente apresenta investimento inicial elevado, nível significativo de complexidade que pode vir a afetar o funcionamento da máquina por utilização de forma irregular, mas ao mesmo tempo agilizam o procedimento de forma segura e garantem precisão na execução do trabalho (PEREIRA et al., 2012).

2.6.1. Filtragem do Óleo Residual

Para iniciar o processo de fabricação de sabão, deve ser realizada a limpeza do óleo residual para remoção de todo e qualquer resíduo sólido que possa estar presente no óleo provenientes de fritura como, por exemplo, restos de alimentos, fuligens e cinzas que são geradas pelo aquecimento elevado do óleo (PEREIRA, 2008).

A filtragem do óleo de fritura pode ser feita por filtros de papel, que retira as substâncias sólidas do óleo de cozinha provenientes dos alimentos fritos que ficam em suspensão ou depositadas no fundo da fritadeira. De forma correta e eficiente o uso de filtros possibilita maior durabilidade ao óleo, redução de consumo de um óleo novo e assim, tendo um percentual menor de descartes nocivos (ZUMMO, 2015).

O processo mais simples para efetuar essa limpeza do óleo, é feito através de uma peneira, acondicionando o óleo em seguida em tanques para que ocorra a decantação, separando o óleo de qualquer sujeira existente e assim podendo finalmente ser armazenado em reservatórios para posterior utilização (TRIÂNGULO, 2015).

2.6.2. Dosador

Um dosador tem a finalidade de injetar produtos de forma automatizada nos mais variados trabalhos onde há necessidade de volume preciso e constante, gerando economia de matéria prima e rapidez na realização do processo. O sistema pode ter a movimentação de componentes de forma linear ou pode ser estático, para a alimentação do processo (POSIJET, 2010).

Segundo Posijet (2010), o sistema deve ser composto por bombas pneumáticas, reservatórios, válvulas solenoides dosadoras que são responsáveis por enviar sinais e assim fazer a dosagem programada na devida posição e por fim, um módulo de comando eletrônico que controla todo o sistema.

2.6.3. Agitador

O termo mistura pode ser definido como uma operação unitária, que envolve a mistura de dois ou mais materiais diferentes, normalmente realizado pelo processo de agitação mecânica, que cria o movimento no material que está sendo processado. Os equipamentos de mistura são classificados devido a viscosidade do material (STEFFE, 1992). Existem 3 tipos de agitadores que podem ser utilizados para realizar a mistura dos materiais, que são os impelidores, hélices e turbinas (MCCABE et al., 2005) e fazendo uso da figura 4, pode ser escolhido o melhor sistema.

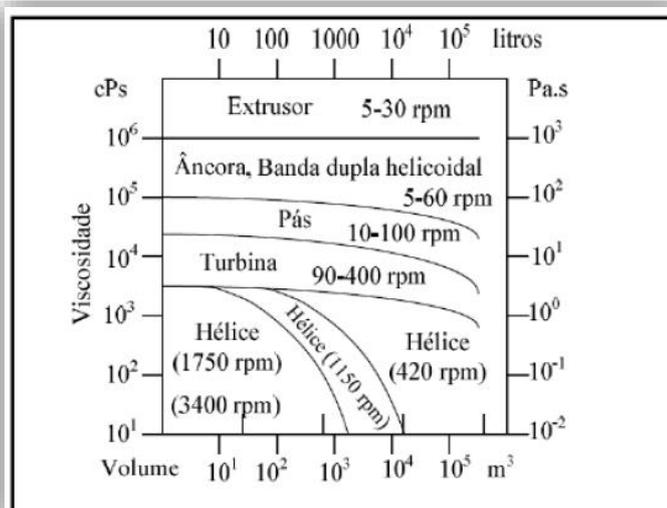


Figura 4 - Modelos de Agitadores
 Fonte: Isenmann (2013).

Um agitador deve estar disposto na máquina de forma a evitar vórtices concentrados que geram uma mistura fraca. Para a obtenção de uma mistura bem homogênea, o agitador deve estar posicionado verticalmente e fora do centro ou com a presença de chicanas na parede interna do recipiente onde ocorre a mistura, gerando um efeito de quebra do movimento (ISENMANN, 2013).

A homogeneização da mistura de líquidos ocorre pela aplicação de energia mecânica, que é transferida do eixo para as pás que giram em um reservatório, que pode ser ou não de fundo arredondado, sendo este um meio de se evitar que fiquem lugares sem misturar, tendo seu rendimento medido pela turbulência aplicada em todo o material no reservatório (PEREIRA, 2015).

O fluxo criado por este movimento depende do tipo de pá utilizada, tamanho do reservatório e das características do fluído, podendo ser tangencial, longitudinal e radial sendo estes dois últimos os que mais favorecem a homogeneização da mistura. O fluxo axial de mistura é o mais indicado para produtos líquidos, devido à baixa agressão ao produto, baixo consumo de potência e pela diversificação de posição e tipos de pás utilizados (PEREIRA, 2015).

O fluxo radial cria uma forma perpendicular ao eixo do agitador de maneira que a massa líquida se mova em direção a parede, o fluxo axial origina formas paralelas ao eixo do agitador que faz a massa líquida ser direcionada para o fundo do recipiente. O fluxo tangencial cria formas circulares em regime de fluxo laminar, movendo a massa líquida ao redor da parede do recipiente conforme é possível observar na figura 5.

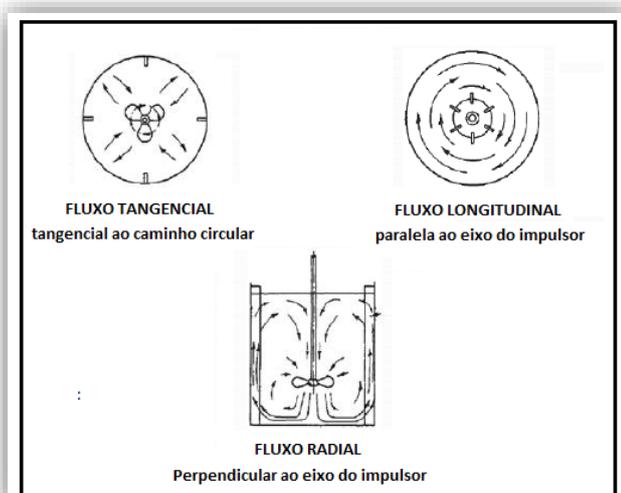


Figura 5 - Tipos de Fluxos
Fonte: Adaptado de Pereira (2015).

2.6.4. Análise de Retorno de Investimento

A criação de métodos para obter lucro, pode ser considerada a premissa que leva o homem a realizar investimentos, buscando um retorno lucrativo e sustentável. Para que isto ocorra, Marquezan (2006) comenta que o retorno deste investimento deve superar o valor investido, assim, os resultados positivos agregam riqueza para o investidor e para o próprio investimento.

Para o investimento em novos projetos deve-se entender e analisar como o mercado funciona levantando a sua necessidade de forma a prevenir fracassos e perdas financeiras. Pontos como custos operacionais, preços, rentabilidade, volumes operados, taxas de risco, taxas de atratividade são alguns itens indispensáveis para uma boa avaliação, que visa diminuir as incertezas e a maximizar a criação de um valor de execução do projeto (MARQUEZAN, 2006).

A utilização de uma ferramenta conhecida como *payback*, visa demonstrar a viabilidade do projeto, baseando-se no tempo de retorno deste investimento inicial, ou seja, tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento. O *payback* simples não leva em consideração taxas de juros ou a inflação do período. (MARQUEZAN, 2006).

2.7. PROJETOS SIMILARES

O reciclador criado pela empresa Reciprátik e desenvolvido pela empresa Bertussi Design Industrial, é um aparelho pequeno e portátil capaz de transformar óleo usado em sabão biodegradável em pouco tempo. Esse modelo, produz além de sabão em barra o sabão líquido (JÚNIOR, 2011).

Para a realização do processo de criação do sabão neste aparelho, deve ser adicionado meio litro de óleo e posteriormente adicionar a soda cáustica e a água quente no respectivo lugar indicado na figura 6. Com a mistura homogênea pronta em 10 minutos o tempo de cura do sabão é de 24 horas, obtendo uma barra de 650 gramas (JÚNIOR, 2011).

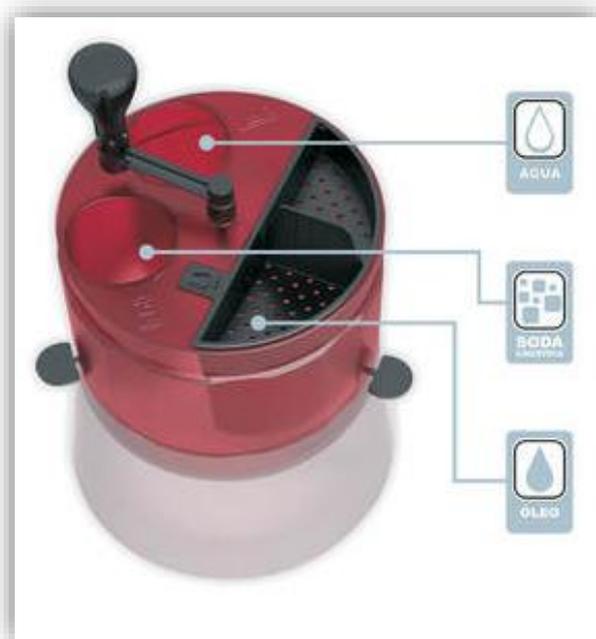


Figura 6 - Reciclador de Óleo
Fonte: Júnior (2011).

Com a ideia de reduzir tempo da fabricação do sabão e facilitar o processo, alguns estudantes criaram uma máquina de mistura com um custo de aproximadamente R\$ 2.000. Um dosador com sensor adiciona os compostos e então os produtos são mexidos até a finalização do processo. O processo antes dessa automação demorava cerca de 1h30, após a automação passou a ser feito em 20 minutos, contudo o tempo de cura continua sendo de 10 dias (GLOBO, 2014).

Segundo a empresa Fenoquímica (2015), que produz equipamentos para a produção de sabão, é possível gerar 400kg/dia com o equipamento motorizado, composto por dois tanques em aço carbono, um de 250 kg e outro de 130 kg de capacidade, com aquecimento a gás conforme a figura 7, de forma manual é possível obter com o mesmo conjunto de dois tanques uma produção de 200kg/dia.



Figura 7 – Máquina Motorizado Para Sabão em Barra
Fonte: FENOQUÍMICA (2015).

2.8. CUSTOS OPERACIONAIS

O Brasil é um grande produtor de óleo vegetal o que faz com que a possibilidade de obtenção de óleos novos seja maior, devido ao baixo custo (NASCIMENTO et al. 2010). Com a reciclagem cada vez mais visada, a procura por óleo residual tem aumentado o que faz com que o preço por litro varie de R\$ 0,50 o óleo bruto a até R\$ 1,60 o óleo sem resíduos (MFRURAL, 2015).

Segundo Junior et al. (2009) e Santos (2009), o processo geral do ciclo de retorno deve ter a soma de seus custos menor do que o valor da matéria retornada para que se tenha lucro e interesse no produto criado. A utilização de meio de transporte é responsável por 60% dos custos logísticos, estando diretamente relacionado com a rota utilizada e o tipo de veículo utilizado para o transporte devido a quantidade a ser coletada.

Alberici e Pontes (2003), relatam que o custo de fabricação de sabão é de R\$ 0,25 a barra, o que demonstra um custo muito baixo de produção. Barbosa et al. (2011) comenta que a fabricação de sabão ecológico gera um custo de fabricação por unidade produzida em torno de R\$ 0,12, apresentando boa viabilidade

econômica, tendo em vista que o preço de fabricação está diretamente ligado com os custos de transporte, o que pode fazer com que o custo seja mais baixo ou mais alto devido a distância dos pontos de coleta.

Com uma análise de viabilidade entre o processo realizado por uma máquina automatizada e de forma manual, Pereira et al. (2012) constatou que o benefício é melhor através da máquina para uma receita de aproximadamente 10 litros, devido a agilidade de produção e qualidade do produto final, apresentando um custo de montagem do aparelho de mistura com reaproveitamento de itens e componentes de controle em torno de R\$ 945,00 e uma redução de tempo de 1 hora para 16 minutos.

2.9. LEGISLAÇÃO PERTINENTE PARA O PROJETO

Conforme Schneider (2011), o principal objetivo para ter segurança em máquinas é evitar que o operador entre em contato com partes móveis e perigosas. Portanto, os sistemas de segurança usados devem contar com dispositivos que impeçam seu funcionamento automático ao serem energizadas e munidos de sistemas de paralisação total quando detectado falhas ou situações anormais de trabalho.

Segundo a Secretária de Inspeção do Trabalho - SIT (2011), a norma regulamentadora NR-12, norma de segurança em máquinas e equipamentos, define princípios fundamentais e medidas de proteção, estabelecendo requisitos mínimos para a prevenção de acidentes, a partir do desenvolvimento do projeto até a sua utilização, de toda e qualquer máquina e equipamentos devendo ser adotadas medidas de proteção coletiva, administrativas e medidas de proteção individual.

Deve-se levar em consideração o arranjo físico da máquina e o local onde ela será instalada, além de sua manutenção corretiva ou preventiva. E, principalmente o desenvolvimento do projeto da máquina ou equipamento não pode apresentar erros na montagem ou remontagem de determinadas peças que possam gerar riscos durante seu funcionamento, especialmente quanto ao sentido de rotação ou deslocamento (SIT, 2011).

2.10. REOLOGIA E REOMETRIA

A reologia descreve a deformação de um corpo seja este um sólido, líquido ou gás, sob a influência de tensões, o que faz o material se deformar ou fluir. A resistência que um fluido apresenta quando aplicado uma força é chamado de viscosidade sendo chamando os equipamentos utilizados para realizar estas medições de reômetros ou de viscosímetros (SCHRAMM, 2006).

Os Instrumentos reométricos são capazes de medir as propriedades visco elásticas de fluidos, sólidos e semi-sólidos e os viscosímetros são capazes de medir apenas o comportamento de fluxo viscoso e basicamente são divididos em duas categorias, os do tipo rotação e tipo tubo conforme a figura 8 (STEFFE, 1992).

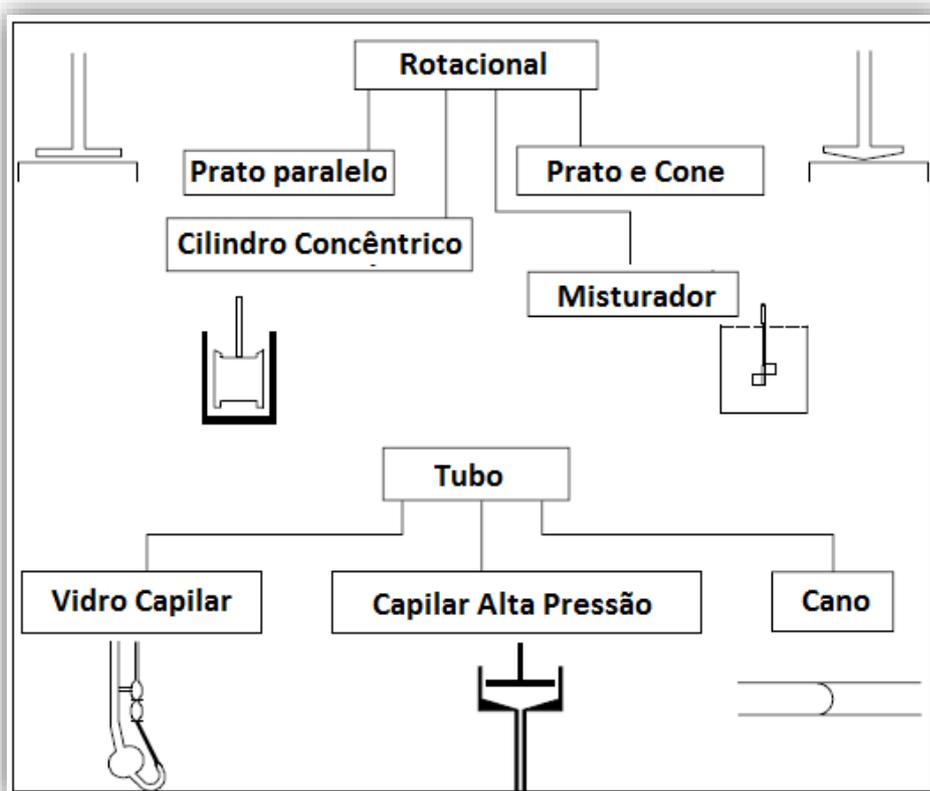


Figura 8 - Tipo de Reômetros
 Fonte: Adaptado Steffe (1992).

Os instrumentos de rotação podem ser operados no cisalhamento constante, onde a velocidade angular é constante ou no modo oscilatório. Também é possível com tensão controlada o que facilita a obtenção de dados de cisalhamento, análise de materiais com taxas de corte muito baixo e as tensões de rendimento, tendo

estas informações a função de explicar como funciona a estrutura interna dos materiais. O modo de velocidade controlada é mais útil na obtenção de dados (STEFFE, 1992).

Segundo Steffe (1992), cada instrumento apresenta vantagens e desvantagens associadas ao tipo de fluido que é utilizado como, por exemplo, os fluidos não newtonianos não podem ser utilizados em vidro capilar devido a taxa de corte que varia conforme a descida da esfera de leitura.

2.10.1. Reômetros e Viscosímetros rotacionais

Aparelhos de medições do tipo rotacional, possuem sistemas de medição tipo cilindro coaxial ou conjunto de eixo coincidentes, duas placas paralelas ou geometria de cone-placa, conforme a figura 9, de forma que este método pode ser utilizado para determinar a viscosidade de fluidos newtonianos e não-newtonianos (SCHRAMM, 2006).

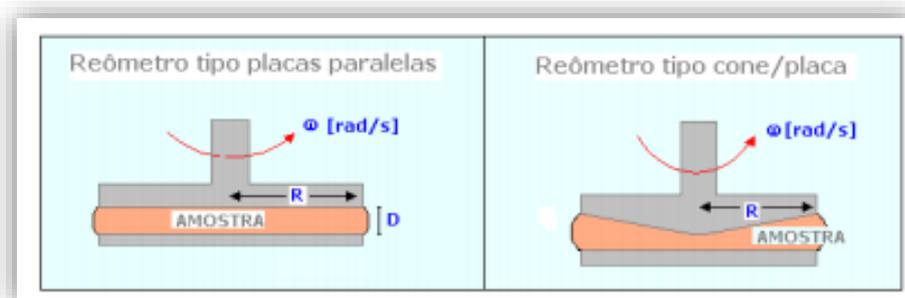


Figura 9 - Reômetros Rotacionais Tipo Placas Paralelas e Cone/Placa.
Fonte: Nascimento (2008).

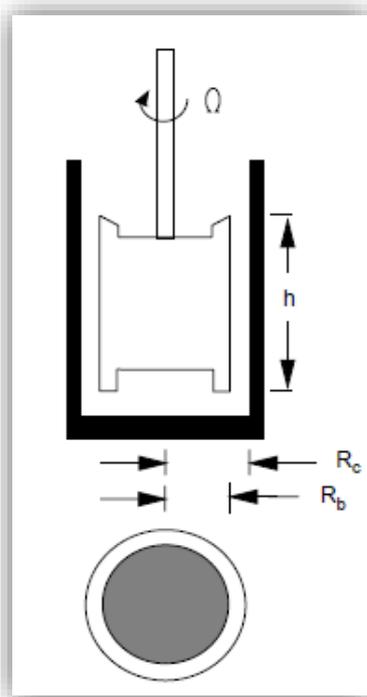


Figura 10 – Aparato de Teste Típico de Cilindros Concêntricos
Fonte: Steffe (1992).

Os reômetros rotacionais consistem segundo Nascimento (2008), de dois cilindros coaxiais conforme a figura 10, onde um gira e o outro permanece estático, sendo o torque necessário para manter o rotor a uma determinada velocidade, uma medida da taxa de deformação. Estes reômetros possuem elementos sensores com várias geometrias e dimensões, que ficam em contato com a fluido. A correta escolha destes sensores depende das características físicas das amostras e condições de análise.

As grandezas reguladas em um reômetro rotacional são o torque e a velocidade de rotação, podendo ainda ser medido o tempo de resposta ou defasagem entre o início da perturbação e a reação do material. A tensão de cisalhamento é obtida através da velocidade de rotação e os parâmetros geométricos do sensor (NASCIMENTO, 2008).

2.10.2. Reômetros e Viscosímetros capilares

Aparelhos que possuem forma construtiva no modo capilar não conseguem obter propriedades elásticas, servindo apenas para determinação da viscosidade, de forma que o líquido da amostra flua pelas seções transversais que por sua vez

podem ser redondas ou quadradas, longas ou curtas e ter diâmetro grande ou pequeno. Estes reômetros ou viscosímetros, podem utilizar pressão para forçar o movimento do fluido ou ainda podem depender da própria gravidade, para a condução do líquido a ser testado (SCHRAMM, 2006).

Os viscosímetros capilares de pressão variável, trabalham com um sistema de pistão que aplica uma força sobre uma área e ao longo da seção de saída possuem sensores ou transdutores, que são responsáveis pela medição da diferença de pressão e por transformar a variação de pressão em um sinal elétrico, para assim ser obtido o valor de tensão e taxa de cisalhamento (SCHRAMM, 2006). Este sistema pode ser observado na figura 11.

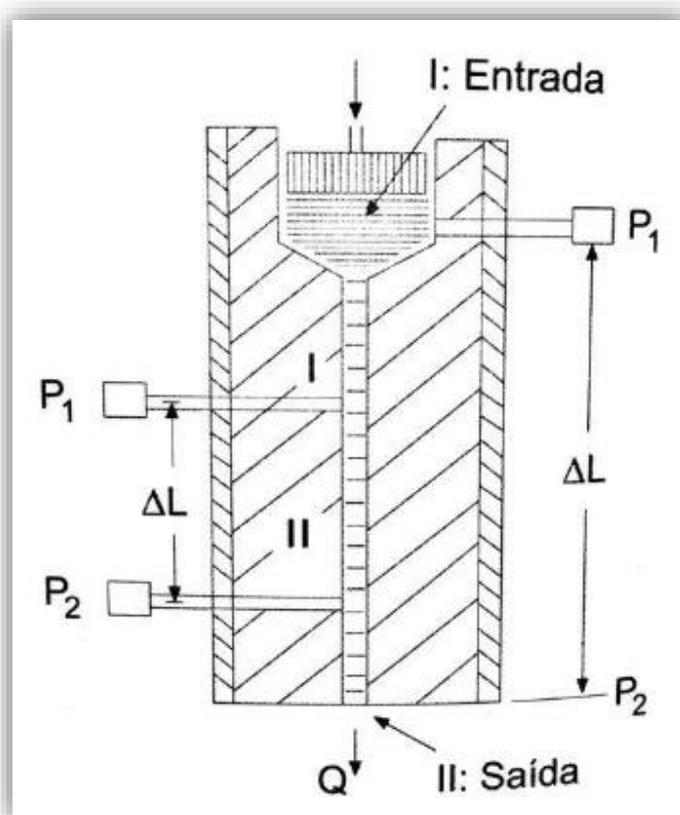
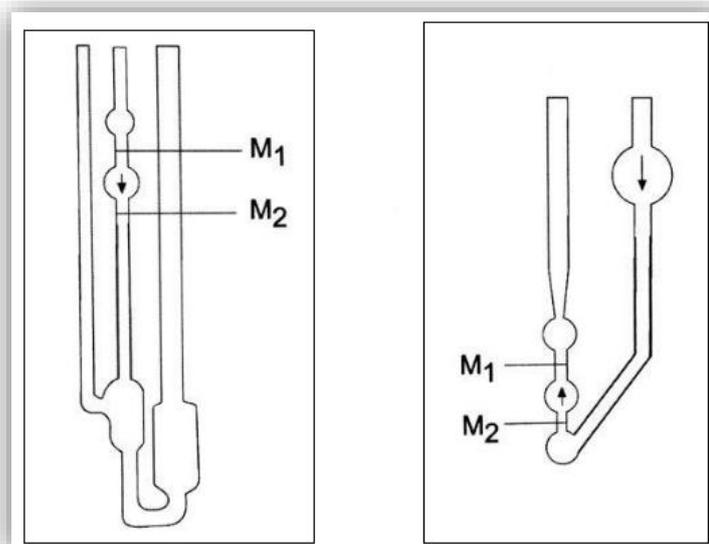


Figura 11 – Viscosímetro Capilar de Pressão Variável
Fonte: Schramm (2006).



**Figura 12 - Viscosímetro Capilar tipo Ubbelohde (Esquerda). Viscosímetro Capilar Tipo Cannon-Fenske (Direita).
Fonte: Schramm (2006).**

Viscosímetros capilares de força gravitacional, pela definição de Schramm (2006), como o próprio nome já diz, atua conforme a força da gravidade fazendo com que a amostra colocada no reservatório superior escoe através do tubo, devido ao seu próprio peso conforme pode ser observado na figura 12. Para determinação da viscosidade neste tipo de viscosímetro, faz-se necessário o tempo de escoamento do fluido através das marcas M1 e M2.

Outro método que pode ser considerado como viscosímetro capilar de força gravitacional são os viscosímetros de orifício ou Copo Ford, a viscosidade é medida pelo tempo que um volume de líquido gasta para escoar através de um orifício existente na parte inferior do reservatório de teste. Este método é considerado medíocre do ponto de vista reológico devido a erros relacionados a entrada e saída do líquido a ser testado e este sofre grande influência por parte do comprimento do capilar conforme a figura 13 (SCHRAMM, 2006).

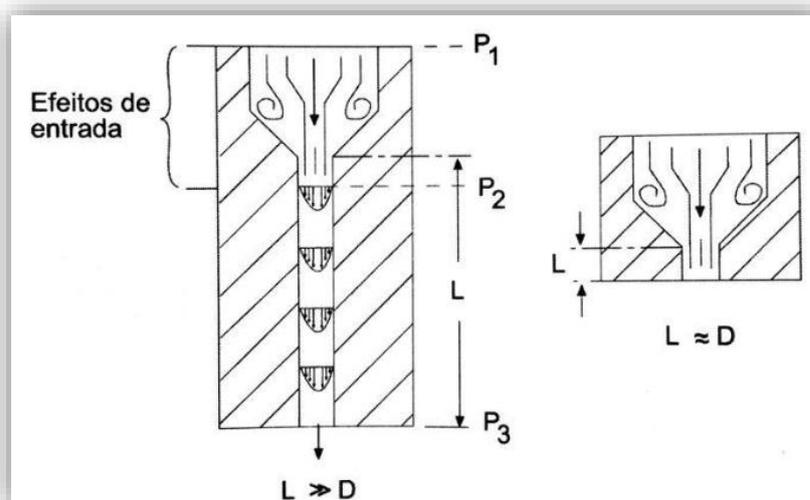


Figura 13 - Influência do comprimento do capilar sobre o resultado dos testes em viscosímetros de orifício.
Fonte: Schramm (2006).

Por fim Schramm (2006), cita o viscosímetro de esfera ou queda de bola como mostra a figura 14, pode ser considerado um viscosímetro bastante preciso na obtenção da viscosidade, mas apenas em líquidos transparentes para possível leitura. A viscosidade é medida pela velocidade de queda de uma esfera dentro de um líquido colocado em um cilindro vertical de vidro, de forma que esta esfera esteja em contato com a parede do tubo durante a realização do teste.

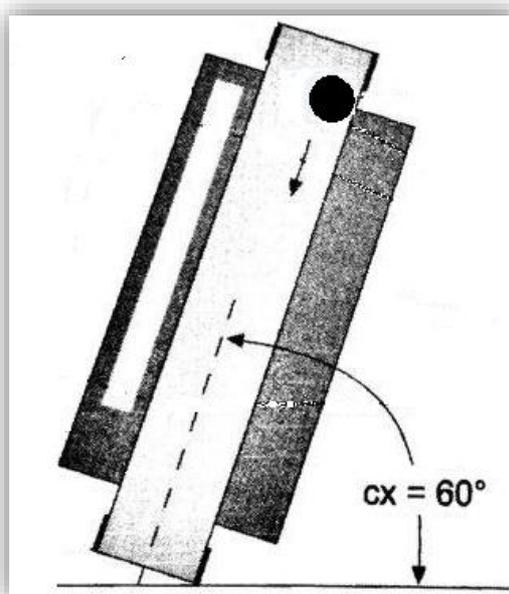


Figura 14 - Seção transversal de um viscosímetro de queda de bola.
Fonte: Schramm (2006).

2.11. Classificação reológica dos líquidos

Para um melhor entendimento do que é viscosidade dos líquidos, Schramm (2006) comenta a importância de se entender os parâmetros envolvidos. A lei básica apresentada por Isaac Newton descreve o comportamento do fluxo de um líquido ideal como a seguinte fórmula

$$\tau = \eta * \gamma$$

Onde:

- τ - Tensão de cisalhamento
- η – Viscosidade
- γ – Taxa de cisalhamento

A tensão de cisalhamento nada mais é do que uma força aplicada em uma área tendo como unidade Pascal [Pa]. A taxa de cisalhamento é o gradiente de velocidade na amostra sendo este definido como uma diferença entre a velocidade pela distância e tendo como unidade [S^{-1}] (SCHRAMM, 2006). Sendo assim pode-se obter a viscosidade dinâmica como sendo.

$$\eta = \frac{\tau}{\gamma} [Pa.s]$$

Os líquidos, podem apresentar comportamentos diferentes devido a viscosidade depender de fatores como, temperatura, pressão, tempo, taxa de cisalhamento e a natureza físico-química da substância que está sendo analisada. O diagrama gerado pela viscosidade e a taxa de cisalhamento gera uma curva onde pode ser identificado o tipo de fluido conforme seu comportamento de fluxo, seja ele um líquido Newtoniano ou Não Newtoniano (SCHRAMM, 2006).

Steffe (1992), define que os fluidos newtonianos, têm uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento com ordenada zero, sendo os fluidos que não apresentam este comportamento chamados de não-newtoniano sendo divididos em líquidos pseudoplásticos, dilatantes e pseudoplásticos com limite de escoamento conforme pode ser observado na figura 15.

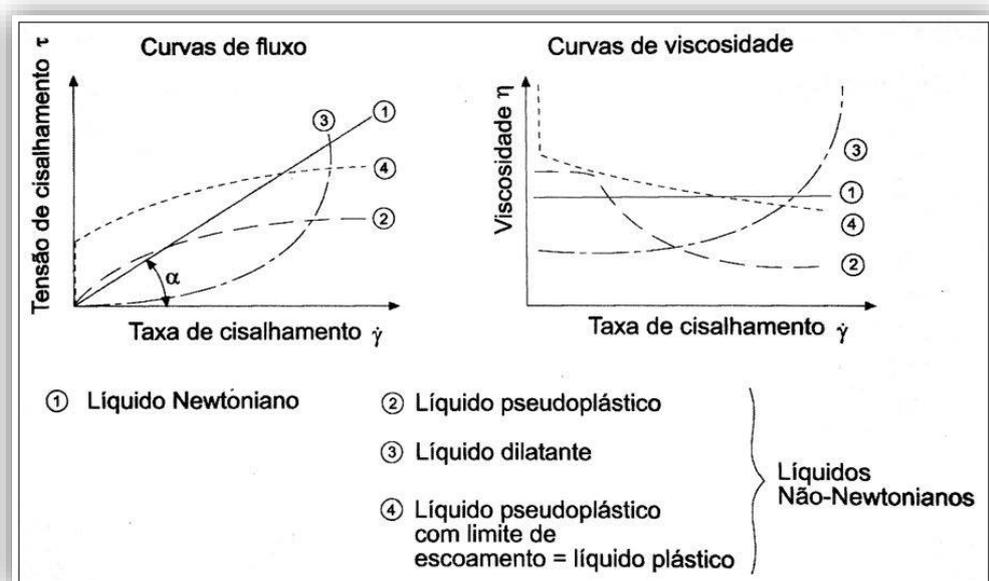


Figura 15 - Vários tipos de comportamento de fluxo
Fonte: Schramm (2006).

Schramm (2006), fala que nos líquidos pseudoplásticos, ocorre uma diminuição da viscosidade devido a um aumento da taxa de cisalhamento que é aplicado a este líquido, isto ocorre, pois, o arranjo das partículas deste líquido ao serem movimentadas se orientam na direção do fluxo, que por sua vez não é uniforme ao longo das faixas de taxas de cisalhamento.

Líquidos pseudoplásticos com limite de escoamento ou fluidos plásticos, podem ser classificados tanto como líquidos, quanto sólidos, sendo sua viscosidade extremamente alta, fazendo com que seja necessário superar a tensão de cisalhamento para que este torne-se líquido. Líquidos dilatantes, podem ser descritos como opostos aos líquidos pseudoplásticos, pois aumentam a viscosidade conforme a taxa de cisalhamento aplicada (SCHRAMM, 2006).

Com a utilização de gráficos, conhecidos como curva de viscosidade e curva de fluxo que correlaciona tensão e taxa de cisalhamento ou curva de viscosidade, conforme as figuras 16 e 17, é possível determinar o tipo de líquido que está sendo usado (SCHRAMM, 2006).

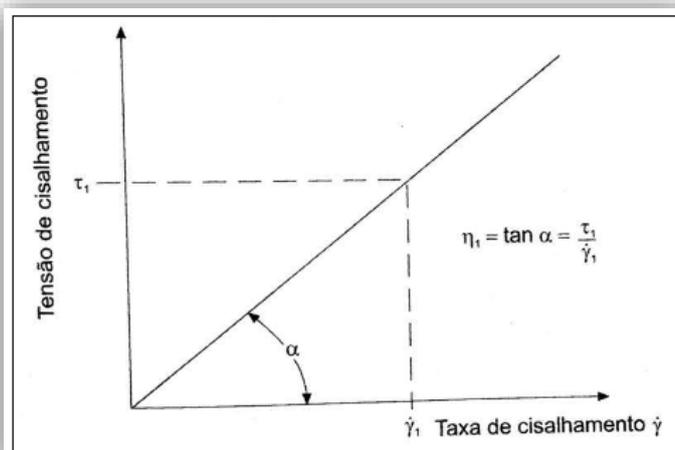


Figura 16 - Curva de Fluxo.
Fonte: Schramm (2006).

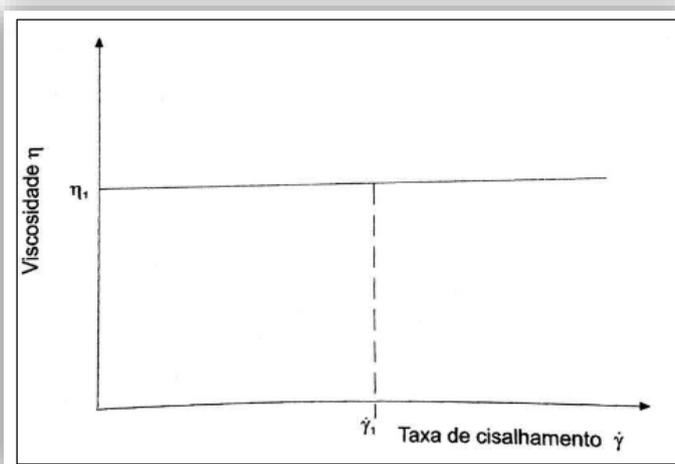


Figura 17 - Curva de Viscosidade.
Fonte: Schramm (2006).

Para líquidos pseudoplásticos, a taxa de deformação influencia na leitura da viscosidade, devido a orientação de partículas na direção do fluxo, em taxas de deformação muito baixas, o movimento Browniano ou o movimento aleatório das moléculas em suspensão, as mantém em uma ordem interna irregular, sem alteração significativa, apesar dos efeitos iniciais da orientação de cisalhamento, fazendo com que deste modo, o líquido apresente um comportamento semelhante ao dos líquidos Newtonianos que independente da taxa de deformação. Quando o cisalhamento que excede o efeito Browniano, a viscosidade cai drasticamente devido ao alinhamento das moléculas na direção do fluxo. Em taxas de deformação extremamente altas, a viscosidade se aproxima de um nível finito constante (SCHRAMM, 2006).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados para a aplicação do projeto foram coletados através da análise de diferentes receitas utilizadas para a fabricação dos sabões. Sendo assim, foi possível determinar alguns dados de fundamental importância como, por exemplo, a viscosidade e a densidade destas receitas.

Como visto na revisão bibliográfica, alguns itens são imprescindíveis para a delimitação do projeto, como por exemplo o filtro, dosador, misturador e o recipiente de descarga da mistura. Para que a máquina não apresentasse um valor elevado alguns itens como o dosador e o filtro foram retirados do esboço do projeto.

A NR 12 foi levada em consideração uma vez que deixa a máquina mais segura para os operadores evitando acidentes durante sua utilização, sendo considerado o arranjo físico da máquina e o local onde esta máquina será instalada e principalmente os possíveis riscos durante seu funcionamento devido a rotação (SIT, 2011).

A máquina precisa apresentar proteções no processo como um todo, de forma que, mesmo quando operador não estiver usando seus equipamentos de proteção individual possa estar protegido. O processo de mistura dos líquidos não pode gerar respingos que entrem em contato com a pele, tendo em vista que o processo utiliza produtos químicos como a soda caustica, Benedito e Minatti (2014).

Os cálculos necessários para a implantação do sistema não possuem uma norma específica, dessa forma, as definições, equações e os pontos observados foram coletados através de pesquisas em literatura pertinente de cada item separadamente.

2.12. LEVANTAMENTO DE DADOS

Para dimensionamento da máquina foi necessário determinar o valor da viscosidade e densidade da mistura, de forma que para a obtenção destes valores analisou-se algumas receitas de fabricação caseira de sabão. Tendo em vista a diversidade de receitas utilizadas para a fabricação do produto, a escolha de receitas de sabão caseiro feitas a partir do óleo vegetal residual foram feitas para uma comparação.

- Receita A: (SEGANTINI, 2016).
 - 2L de água quente.
 - 1L de álcool.
 - 4L de óleo comestível usado.
 - 1Kg de soda cáustica em escamas.
 - 5mL de essência.

Primeiramente colocou-se a soda caustica em um balde ou recipiente plástico e adicionou-se lentamente a água quente (70°C) e então foi misturado até que a soda se dissolveu, após isto foi adicionado o óleo vegetal residual e agitou-se por 20 minutos.

Acrescentou-se o álcool e a essência. O conteúdo final foi depositado em uma bandeja e permaneceu até adquirir uma consistência rígida para que fosse efetuado o corte do sabão.

- Receita B: (HEINZEN; JUNGLOS, 2013).
 - 2 L de água fria
 - 5 L de óleo comestível usado.
 - 1Kg de soda cáustica em escamas
 - 200 mL de amaciante de roupas

Em um balde ou recipiente plástico foi colocado a soda caustica e adicionado lentamente a água. Realizou-se a mistura até que a soda fosse dissolvida para a partir disto acrescentar o óleo e o amaciante voltando a mexer até a completa homogeneização, por aproximadamente 30 minutos. O conteúdo final foi depositado em uma bandeja e permaneceu até adquirir uma consistência rígida para que fosse possível o corte do sabão.

Com as receitas prontas foi utilizado o método de leitura no viscosímetro, obtendo a viscosidade da receita e ainda foi possível a determinação da densidade. Em posse desses valores, foi possível selecionar os valores mais altos para viscosidade e juntamente com a densidade dimensionar a máquina de forma a atender uma gama maior de receitas.

2.13. DIMENSIONAMENTO DO PROJETO

2.13.1. Determinação da Viscosidade

Para determinação da viscosidade, a escolha do tipo de viscosímetro a ser utilizado depende do propósito da medida e do tipo de líquido a ser investigado. O viscosímetro capilar não é adequado para líquidos não newtonianos, pois não é possível a definição do cisalhamento (distância entre bola e tubo que varia na seção transversal), o que proíbe sua utilização em fluidos não-Newtonianos, mas é bom para líquidos newtonianos de baixa viscosidade (SCHRAMM, 2006).

O viscosímetro de orifício é indicado nas situações onde a rapidez, a simplicidade e robustez do instrumento e a facilidade de operação são mais importantes que a precisão e a exatidão na medida. O viscosímetro rotacional é o mais aplicado devido a facilidade de obtenção de dados como taxa de cisalhamento e viscosidade e são indicados para estudar líquidos não-newtonianos (SCHRAMM, 2006).

2.13.2. Agitador

Após escolher uma receita de sabão, foi possível dimensionar o tanque misturador da solução, tendo este, fluxos variados devido aos formatos dos impelidores, que foram escolhidos em relação a viscosidade e que podem ser de fluxo axial ou radial, devendo escolher o que se encaixe melhor as características da mistura.

Com o volume total de líquido utilizado na receita pode ser determinado a dimensão do tanque como o diâmetro ou a altura que suporte este valor através da equação 1.

$$V = \pi * r^2 * h \quad (1)$$

Para o correto dimensionamento, algumas proporções deverão ser utilizadas segundo McCabe et al. (1993), conforme a figura 18.

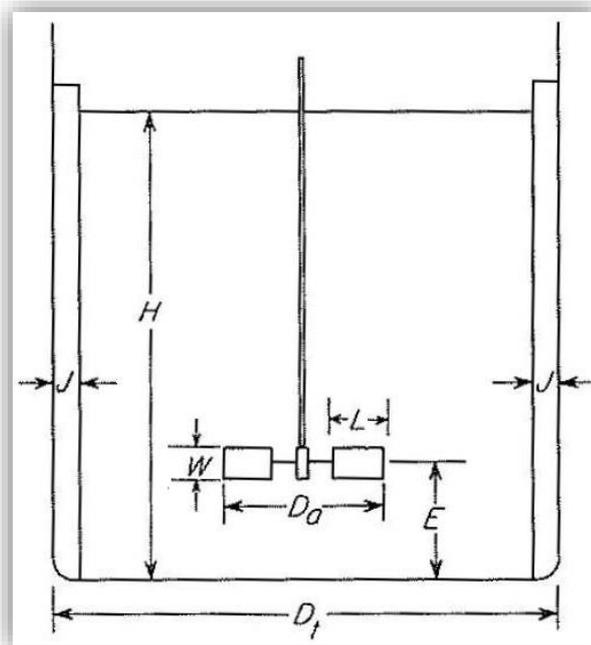


Figura 18 - Medidas do Misturador Padrão.
 Fonte: Adaptado de McCabe et al., (1993).

Com as relações de proporção:

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \frac{H}{D_t} = 1 \quad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{E}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \quad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

Onde:

- J – Largura da chicana;
- D_t – Diâmetro do tanque;
- D_a – diâmetro do impelidor;
- H – Nível do líquido;
- L – Comprimento do impelidor;
- W – Altura do impelidor;
- E – Distância do impelidor do fundo.

A forma do impelidor gera uma relação com a potência que será aplicada para a mistura devido as suas dimensões:

$$S1 = \frac{D_a}{D_t} \quad S2 = \frac{E}{D_t} \quad S3 = \frac{L}{D_a} \quad S4 = \frac{W}{D_a} \quad S5 = \frac{J}{D_t} \quad S6 = \frac{H}{D_t}$$

Para obter a energia necessária para rotacionar o agitador, foi utilizado análise dimensional com correlações empíricas de potência com outras variáveis do sistema segundo McCabe et al., (1993). Considerando o líquido como newtoniano, a potência (P) poderá ser definida como sendo função das variáveis demonstradas na equação 2.

$$P = \psi(n, Da, \mu, \rho, g) \quad (2)$$

Aplicando o método da análise dimensional, a equação 2 pode ser escrita conforme é demonstrado na equação 3.

$$\frac{P}{n^3 * D_a^5 * \rho} = \psi\left(\frac{n * D_a^2 * \rho}{\mu}, \frac{n^2 * D_a}{g}\right) \quad (3)$$

Levando em consideração os fatores de forma a equação 3 pode ser escrita

$$\frac{P}{n^3 * D_a^5 * \rho} = \psi\left(\frac{n * D_a^2 * \rho}{\mu}, \frac{n^2 * D_a}{g}, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6\right) \quad (4)$$

Os termos da equação 4 podem ser definidos como sendo o número de potência (N_P), número de Reynolds (N_{Re}), número de Froude (N_{Fr}) e os fatores de forma respectivamente, e assim pode ser reescrita com a equação 5

$$N_P = \psi(N_{Re}, N_{Fr}, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6) \quad (5)$$

Conforme McCabe et al., (1993) o número de Reynolds foi calculado para os valores encontrados na extremidade do impelidor. O fator de potência é uma relação entre o coeficiente de arrasto que age em uma unidade de área do impelidor e a força inercial. O número de Froude é a medida encontrada pela razão da força inercial pela força gravitacional por unidade de área agindo no fluido. Analisando a

figura 19 para tanques com chicanas com o valor de Reynolds foi possível encontrar o número de potência.

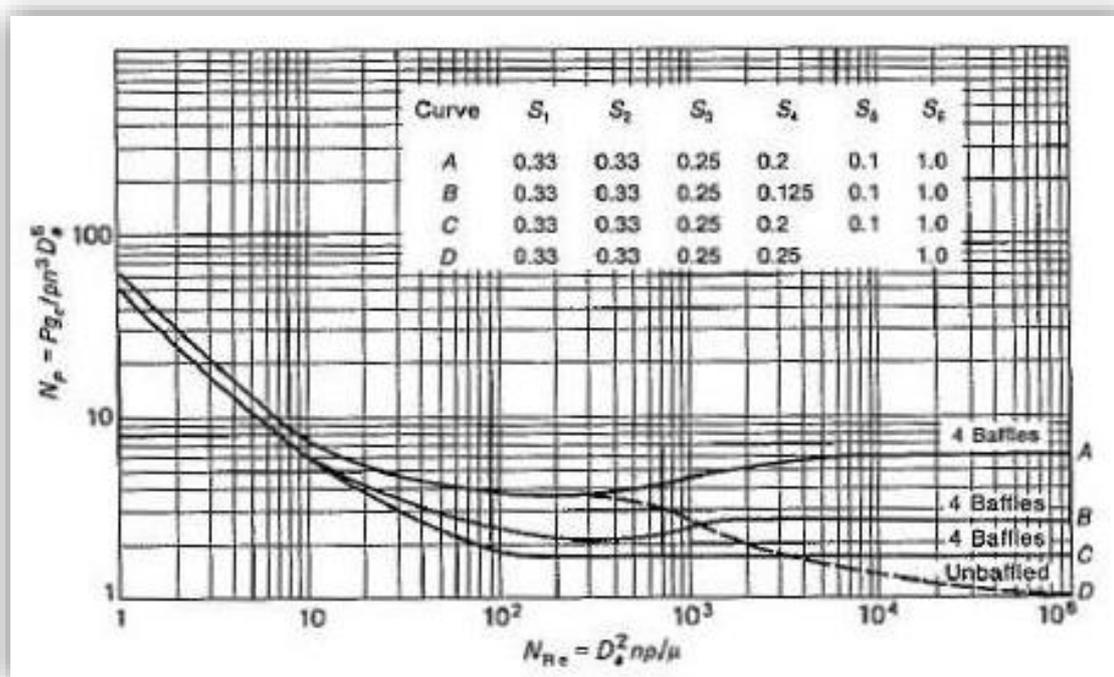


Figura 19 - Número de Potência (NP) vs NRe.
Fonte: McCabe et al., (1993).

As curvas nos gráficos representam os tipos de lâminas, sendo as curvas A e B vertical, curva C turbina com pás inclinadas 45° e curva D vertical sem chicana. Para valores de Reynolds abaixo de 300 e tanques sem chicanas foi modificada a equação 5 para se evitar vórtices que não são ideais para a mistura.

$$\frac{N_P}{N_{Fr}^m} = \psi(R_e, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6) \quad (6)$$

O expoente m da equação (6) é para um dado conjunto de fatores de forma, sendo relacionado com o número de Reynold com a equação 7.

$$m = \frac{a - \log_{10} N_{Re}}{b} \quad (7)$$

As constantes a e b tem os valores de 1,0 e 40,0 respectivamente. Com o valor do número de potência foi obtido o consumo de potência devido a mistura com equação 8.

$$P = N_p * n^3 * D_a^5 * \rho \quad (8)$$

Como as linhas de N_p e N_{Re} coincidem para números de Reynolds inferiores a 10 em tanques com e sem chicanas, sendo o escoamento laminar, a densidade não é mais um fator importante neste ponto, utiliza-se as equações 9 e 10.

$$N_p = \frac{K_L}{N_{Re}} \quad (9)$$

$$P = K_L * n^2 * D_a^3 * \mu \quad (10)$$

Para valores de Reynolds superiores a 10000, em tanques com chicanas, onde o escoamento é turbulento, o fator de potência não depende do número de Reynolds e a viscosidade não tem mais influência, utilizou-se as equações 11 e 12.

$$N_p = K_T \quad (11)$$

$$P = K_T * n^3 * D_a^5 * \rho \quad (12)$$

Os valores de K_t e K_L podem ser obtidos na tabela 5.

Tabela 5 - Valores para as constantes K_L e K_T

Tipo de Impulsor	K_L	K_T
Hélice com 3 laminas inclinação 1.0	41	0,32
Hélice com 3 laminas inclinação 1.5	48	0,87
Turbina de disco 6 lâminas planas	65	5,75
Turbina de disco 6 lâminas inclinadas 45°	-	1,63
Turbina de disco 4 lâminas inclinadas 45°	44,5	1,27
Pá plana, 2 laminas	36,5	1,70
Hélice HE-3	43	0,28
Turbina tipo Parafuso	52	-
Ancora	300	0,35

Fonte: Adaptado McCabe (2005).

Para fluidos não-newtonianos o número de Potência é definido do mesmo modo que fluidos newtonianos, mas o número de Reynolds é difícil de se obter uma vez que a viscosidade aparente do fluido varia com o gradiente de velocidade que muda com o ponto analisado no tanque. Assim o número de Reynolds foi obtido pela equação 13:

$$R_E = \frac{n * D_a^2 * \rho}{\mu_a} \quad (13)$$

Onde a viscosidade aparente da mistura pode ser obtida pela equação 14.

$$\mu_a = K' * \left(\frac{d_u}{d_y} \right)_{\text{médio}}^{n'-1} \quad (14)$$

O termo K' significa o índice de consistência e a relação d_u/d_y é a taxa de deformação, demonstrada na equação 15.

$$\frac{d_u}{d_y} = 11 * n, \text{ onde } n \text{ é a velocidade} \quad (15)$$

Substituindo as equações 14 e 15 na equação 13 obtém-se o valor de Reynolds, demonstrado na equação 16.

$$R_e = \frac{n^{2-n'} * D_a^2 * \rho}{11^{n'-1} * k'} \quad (16)$$

Para números de Reynolds abaixo de 10 e acima de 100 o resultado com líquidos pseudoplásticos é o mesmo que os fluidos newtonianos e os valores intermediários apresentam menor consumo de potência. Os padrões de escoamento destes fluidos não-newtonianos têm uma diferença considerável possuindo a velocidade alta perto do impelidor e a viscosidade aparente baixa, mas quando o líquido se afasta o gradiente de velocidade diminui e a viscosidade aumenta.

2.13.3. Tempo de Mistura

Para McCabe et al., (1993), os padrões de velocidade e fluxo dos fluidos nos vasos agitados são complexos, o que tornam sua determinação e estudo mais difíceis. Um ótimo critério para determinar se a mistura está adequada é o visual, mas não é um método que possa ser reproduzido de forma similar.

O impelidor em tanques agitados, cria uma alta velocidade de correnteza e o líquido é bem mexido perto do impelidor devido a turbulência, conforme líquido se move radialmente pela pá da turbina, esta correnteza diminui até este líquido voltar ao centro da turbina e ser agitado novamente. Cálculos baseados nesta teoria mostram que para uma completa mistura o líquido deve circular 5 vezes pelo tanque e que o tempo de mistura depende do impelidor.

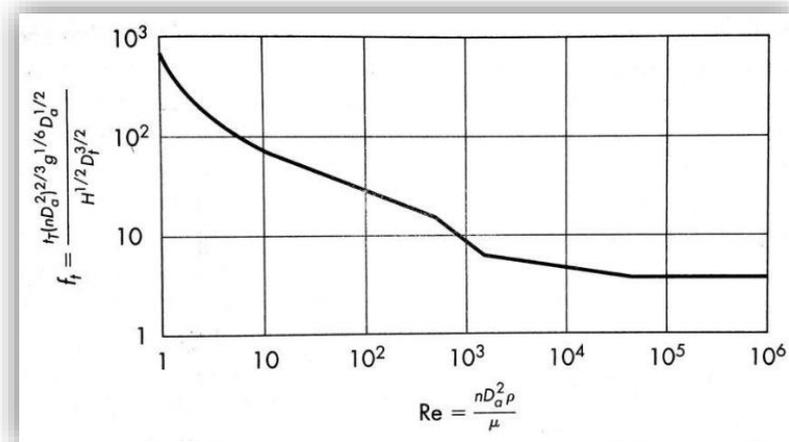


Figura 20 - Relação de Tempo de Mistura para Líquidos Miscíveis em um Tanque Agitado por Turbina.
Fonte: McCabe et al., (1993).

Como demonstrado na figura 20, o tempo de mistura para turbinas foi definido pela equação 18, mas sendo relacionado com o número de Reynolds (Re) e o fator de tempo (f_t) que é obtido pela equação 17.

$$f_t = \frac{t_T(n * D_a^2)^{2/3} * g^{1/6} * D_a^{1/2}}{H^{1/2} * D_t^{3/2}} \quad (17)$$

$$t_T = \frac{f_t * H^{1/2} * D_t^{3/2}}{(n * D_a^2)^{2/3} * g^{1/6} * D_a^{1/2}} \quad (18)$$

Onde:

t_T – Tempo de mistura;

n – Rotação;

H – Altura de líquido;

D_t – Diâmetro do tanque;

g – Gravidade;

D_a – Diâmetro do impelidor;

2.13.4. Motor

Motores elétricos são encontrados nas mais variadas formas e tamanhos, cada qual apropriado à sua tarefa, independentemente do torque ou potência que seja necessária. Os motores podem operar com corrente contínua (CC / DC), sendo alimentados por pilhas, baterias ou por fontes de alimentação adequadas, outros requerem corrente alternada (CA / AC) e são alimentados diretamente pela rede elétrica. Há até mesmo motores que trabalham indiferentemente com esses dois tipos de correntes.

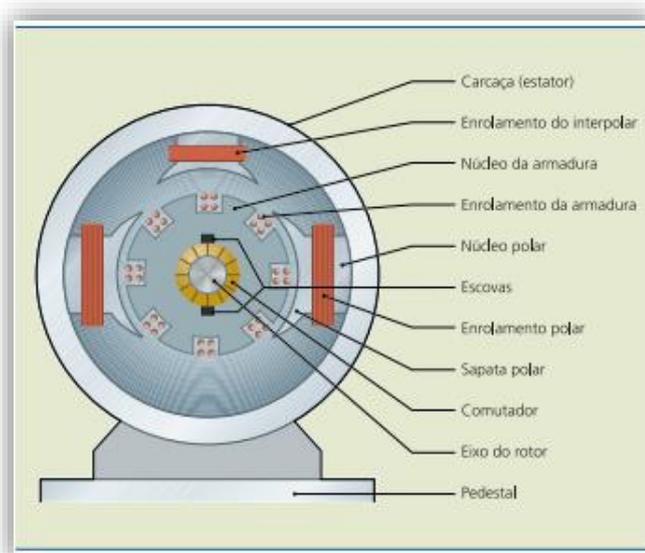


Figura 21 - Motor de Corrente Contínua.
Fonte: Gozzi e Parede (2011).

Segundo Gozzi e Parede (2011), o motor de corrente contínua que pode ser observado na figura 21, funciona quando dois campos magnéticos interagem

quando se fornece corrente elétrica à espira ou rotor, seu campo magnético interage com o campo magnético do ímã permanente ou estator, realizando assim o movimento do rotor. O comutador, inverte o sentido da corrente na espira, fazendo com que ela continue girando.

Com o aperfeiçoamento dos motores elétricos de corrente contínua, foi desenvolvido motores de corrente alternada monofásica e trifásica e com isto passou a ser produzido máquinas elétricas mais simples, compactas, leves, com maior durabilidade, melhor rendimento e de fácil manutenção.

Os motores de corrente contínua mostrado na figura 22, funcionam através de um ímã permanente ou rotor que gira entre dois eletroímãs estacionários. Como os eletroímãs são alimentados por corrente alternada, seus polos invertem suas polaridades conforme o sentido da corrente inverte fazendo o rotor girar enquanto seu polo norte é puxado primeiramente para o eletroímã esquerdo e empurrado pelo eletroímã direito, ficando assim girando continuamente (GOZZI; PAREDE, 2011).



Figura 22 - Motor Corrente Alternada.
Fonte: Gozzi e Parede (2011).

2.13.5. Dimensionamento do Eixo de Mistura

O eixo utilizado para realização da mistura, pode ser ligado ao recipiente, em posições verticais, horizontais ou angulares utilizando mancais de apoio quer seja no

topo do recipiente ou no fundo. O dimensionamento do eixo pode ser feito de três maneiras, com base no torque, com base em cálculos momento de flexão e com base na velocidade crítica do agitador (SHAH, 2016).

Para o dimensionamento através do torque foi utilizado a equação 19 para estipular o torque contínuo nominal (T_c).

$$T_c = \frac{Hp * 75 * 60}{2 * \pi * N} \quad (19)$$

Onde:

- Hp – Potência do motor;
- N – Velocidade (RPM);

Uma vez que o equipamento se encontra em modo de funcionamento uma tensão é gerada devido ao torque, força viscosa do fluido e a força centrífuga criada pela turbulência. As máximas tensões (f_s) de cisalhamento e flexão são definidas pela equação 20.

$$f_s = \frac{T_m}{Z_p} \quad (20)$$

Para definição do torque gerado pelo eixo (T_m) utiliza-se a equação 21.

$$T_m = 1,5 \text{ a } 2,5 * T_c \quad (21)$$

A máxima tensão de cisalhamento é definida pela área da peça (Z_p), que é definida pela equação 22.

$$Z_p = \frac{\pi * d^3}{32} \quad (\text{cisalhamento}) \quad (22)$$

A máxima tensão de flexão também é definida pela área da peça, que é definida pela equação 23.

$$Z_p = \frac{\pi * d^3}{16} \quad (\text{flexão}) \quad (23)$$

Para o dimensionando do eixo através do cálculo do momento ou máximo momento de flexão utilizou-se as equações 24, 25 e 26.

$$f = \frac{M_{max}}{Z} \quad (24)$$

$$M_{max} = F_m * l \quad (25)$$

$$F_m = \frac{T_m}{0,75 * R_p} \quad (26)$$

Onde:

F_m – Força gerada pelo momento no eixo;

L – Comprimento do eixo;

T_m – Torque gerado pelo eixo;

R_p – Raio da pá;

Z – Área;

Por fim Shah (2016), comenta que o cálculo através da velocidade crítica do agitador é o método que apresenta uma maior dificuldade para calcular devido a forças que se apresentam desequilibradas devido à construção assimétrica de agitador. A velocidade a que o eixo vibra violentamente é chamado como a velocidade crítica do eixo. O Diâmetro do eixo deve ser escolhido de modo a que a velocidade normal de trabalho não deve cair na faixa entre 70 a 130 % da velocidade crítica.

2.13.6. Bandeja de Deposição Final

A bandeja para deposição final da mistura de sabão deve ter a capacidade de receber toda a batelada, podendo ser utilizado mais do que uma bandeja. Algumas características podem ser pré-definidas para garantir a qualidade do resultado final do produto.

Para que seja de fácil desenforme, a bandeja deve ser de material moderadamente maleável, porém resistente a temperaturas elevadas que podem variar de 40° a 70°C devido a reação exotérmica da mistura, mesmo que ao entrar em contato com o material já tenha ocorrido perdas de calor.

Também precisa ser levado em consideração que o processo de cura do sabão pode levar semanas dependendo dos fatores externos. Logo, para que a produção não ocorra apenas uma vez a cada desenforme, a bandeja deve ser de fácil remoção para acondicionamento em outro local, além de possuir outras bandejas para a produção de mais sabão caso seja necessário.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ESCOLHA DA RECEITA DE SABÃO

Para a fabricação de sabão em barra segundo Da Motta (2007), deve ser levado em consideração a fervura do processo, tendo em vista a dificuldade e os custos elevados no projeto e adicionados na obtenção do produto final. O processo de fervura integral é considerado o melhor e mais empregado em empresas, comparado com o processo de semi-fervura e a frio devido a qualidade do sabão e subprodutos como a glicerina de forma que acaba sendo mais caro e mais difícil sua produção.

Com base neste conceito foi levado em consideração o custo para obtenção de sabão, tendo em vista que o processo de fervura integral utiliza aquecimento, sendo mais demorado e mais trabalhoso, além de deixar o projeto mais oneroso, este foi descartado. Então para determinação da viscosidade foi utilizado pelo método de semi-fervura a receita A e pelo método a frio a receita B.

Receita A: (SEGANTINI, 2016).

- 2L de água quente;
- 1L de álcool;
- 4L de óleo comestível usado;
- 1Kg de soda cáustica em escamas;
- 5mL de essência;

Receita B: (HEINZEN; JUNGLOS, 2013).

- 2 L de água fria;
- 5 L de óleo comestível usado;
- 1Kg de soda cáustica em escamas;
- 200 mL de amaciante de roupas;

Utilizando os equipamentos de proteção como luvas, máscara, óculos e jaleco, iniciou-se a realização das misturas usando baldes plásticos e uma pá de

madeira, tomando todo o cuidado para evitar respingos devido a utilização da soda cáustica.

Foi observado que a receita A, apresentou certa dificuldade para obtenção do ponto correto como pode ser observado na figura 23 e comparando com a figura 24 que ilustra a receita B.



**Figura 23 - Mistura de Sabão Utilizando a Receita A.
Fonte: Autorial Própria.**



**Figura 24 - Mistura de Sabão Utilizando a Receita B.
Fonte: Autorial Própria.**

Com base na facilidade na obtenção do sabão, seu baixo custo e a similaridade na qualidade dos sabões da receita A e B, o processo a frio foi escolhido e assim a receita B foi utilizada para determinação da viscosidade e do potencial hidrogenionico.

3.1. DETERMINÇÃO DO pH

Após a receita ficar pronta, a mesma foi armazenada em um recipiente de plástico para o resfriamento e endurecimento para corte, que ocorreu após 3 dias. Para averiguar o parâmetro de qualidade e definição de receitas, foi realizado medições de pH deste sabão conforme pode ser observado na tabela 6.

Tabela 6 - Valores de pH

Semana	Leitura	Grau de Calibração
1ª Semana	14,05	85,96%
2ª Semana	12,06	90,69%
3ª Semana	10,20	90,69%

Fonte: Autoria própria.

O Índice de pH mostrou que a receita gera um produto básico, podendo assim aumentar o pH da pele e alterar o pH dos corpos hídricos, devido ao seu descarte através do esgoto, mas em contrapartida este sabão gera muita espuma e uma qualidade de limpeza melhor. Esse valor encontrado pode ser remediado adicionando na receita vinagre (ácido acético) que fará com que o pH diminua ficando mais próximo do neutro.

3.2. DETERMINÇÃO DA VISCOSIDADE

Os óleos utilizados para receitas de sabão foram obtidos através da coleta de óleo residual domiciliar proveniente de frituras, sendo composto por uma mistura basicamente de óleos vegetais de soja, que segundo Brock et al. (2008), possui viscosidade a 25°C de aproximadamente 51,1 mPa.s e milho com viscosidade de aproximadamente 57,5 mPa.s. Com as receitas prontas foi possível determinar a

densidade com o seu volume e peso aparente obtendo um valor médio de 1059,88 Kg/m³.

Com base nos métodos reológicos para determinação da viscosidade, tendo em vista que o modelo de viscosímetro rotacional é indicado tanto para líquidos não-newtonianos quanto para líquidos newtonianos, a determinação da viscosidade das receitas de sabão se deu através de um viscosímetro Brookfield NDJ-4A ou LVT conforme a figura 25.



Figura 25 - Viscosímetro Rotacional Brookfield.
Fonte: BRASEQ (2016).

O viscosímetro gira um elemento de detecção em um fluido e mede o torque necessário para vencer a resistência viscosa ao movimento induzido. O elemento de condução que é imergido no fluido é chamado de *spindle* ou eixo, onde por meio da deflexão da mola interna que é enrolada proporcionalmente à viscosidade do fluido, velocidade de rotação e tamanho do eixo utilizado.

O modelo LVT possui um conjunto de 4 *spindle* e 8 variações de rotações por minuto (RPM) que variam de 0.3 a 60 RPM`s. Para realização das medidas o eixo foi imergido no liquido a ser testado, sempre evitando a formação de bolhas em baixo dele. Com o aparelho ligado esperou-se o tempo de 1 minuto.

Tabela 7 – Fator de Conversão

RPM	<i>Spindle 1</i>	<i>Spindle 2</i>	<i>Spindle 3</i>	<i>Spindle 4</i>
0.3	200	1000	4000	20000
0.6	100	500	2000	10000
1.5	40	200	800	4000
3	20	100	400	2000
6	10	50	200	1000
12	5	25	100	500
30	2	10	40	200
60	1	5	20	100

Fonte: Brookfield (2016).

O valor retirado após 1 minuto foi multiplicado pelo fator de conversão demonstrado na tabela 7 conforme a RPM e o “Spindle” utilizados, e assim, finalmente foi obtido a viscosidade. Utilizando o “Spindle” nº 3 os valores obtidos pelo viscosímetro realizando triplicata nas RPM`s das receitas fria e quente pode ser observado nas tabelas 8, 9, 10 e 11.

Tabela 8 – Valores Obtidos no Viscosímetro – Receita Fria

RPM	1º Medição	2º Medição	3º Medição
0.3	-	-	-
0.6	-	-	-
1.5	-	-	-
3	-	-	-
6	21,5	21,5	23,5
12	30,5	28	29
30	46,5	50,5	50,2
60	70	70	70,4

Fonte: Autoria Própria (2016).

Tabela 9 – Valores da Viscosidade após conversão (mPa.s) – Receita Fria

RPM	Viscosidade – Triplicata		
0.3	-	-	-
0.6	-	-	-
1.5	-	-	-
3	-	-	-
6	4300	4300	4700
12	3050	2800	2900
30	1860	2020	2008
60	1400	1400	1408

Fonte: Autoria Própria (2016).

Tabela 10 – Valores Obtidos no Viscosímetro – Receita Quente

RPM	1º Medição	2º Medição	3º Medição
0.3	-	-	-
0.6	-	-	-
1.5	-	-	-
3	-	-	-
6	18	19,2	16
12	21,5	21,7	25,5
30	40,6	51,9	50,5
60	60	58,6	63

Fonte: Autoria Própria (2016).

Tabela 11 – Valores da Viscosidade após conversão (mPa.s) – Receita Quente

RPM	Viscosidade - Triplicata		
0.3	-	-	-
0.6	-	-	-
1.5	-	-	-
3	-	-	-
6	3600	3840	3200
12	2150	2170	2550
30	1624	2076	2020
60	1200	1172	1260

Fonte: Autoria Própria (2016).

Valores na faixa de 0,3 a 3 RPM's não foram aferidos devido à baixa rotação onde não haveria alteração dos valores, sendo estes lineares. Afim de comparação entre as receitas para determinação do comportamento de fluxo do líquido testado e comparação de valores, foram realizadas duplicatas das receitas e retiradas a média, como pode ser observado na tabela 12.

Tabela 12 – Valores da Viscosidade após conversão (mPa.s) – Comparação Entre Receitas

RPM	Receita Fria	Receita Quente	Duplicata Fria	Duplicata Quente
6	4433,33	3546,67	4653,33	3813,33
12	2916,67	2290,00	3093,33	2426,33
30	1962,67	1906,67	2138,67	1188,00
60	1402,67	1210,67	1610,00	1232,00

Fonte: Autoria Própria (2016).

Com os valores médios foi possível obter a curva de viscosidade demonstrado pelo gráfico 1 e realizando a comparação com a figura 17, o líquido tem comportamento de um líquido não-newtoniano pseudoplástico.

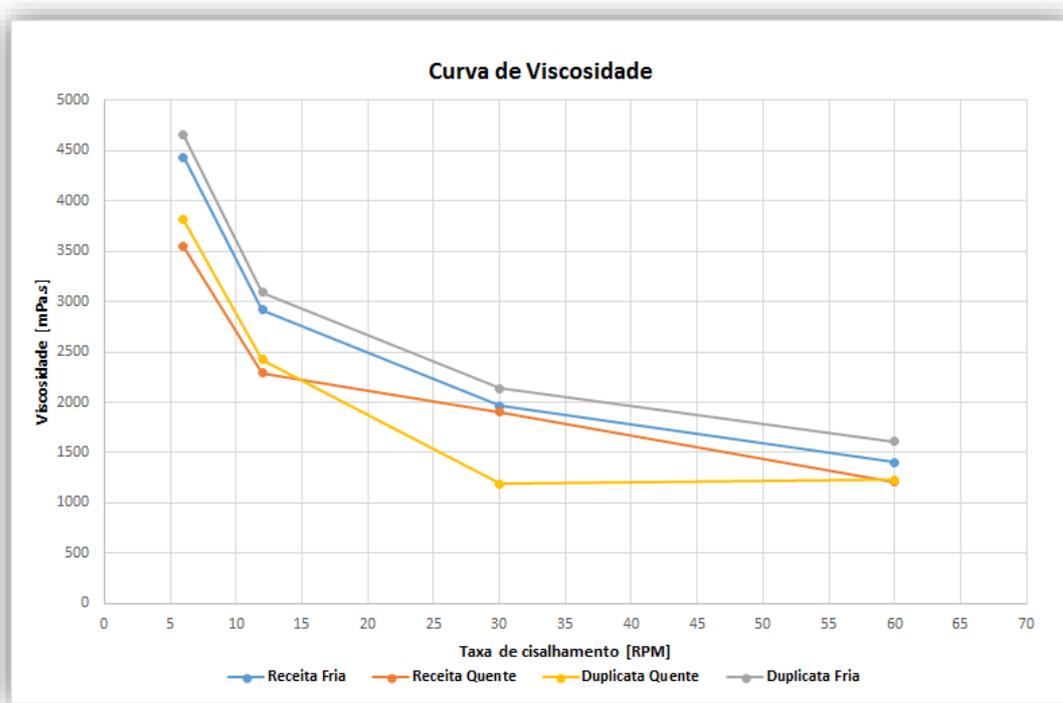


Gráfico 1 - Curva de Viscosidade.
Fonte: Autoria Própria.

3.3. TANQUE DE MISTURA

O tanque de mistura foi projetado para um volume de 10 litros, em virtude da receita utilizada necessitar de um volume de aproximadamente 7 litros e ainda em razão da possibilidade de quando agitado os líquidos não consigam sair do tanque de mistura.

Para determinação das medidas necessárias para este volume de 10 litros em um cilindro com uma altura de 250 milímetros foi utilizado a equação 2, obtendo assim um diâmetro de 226 milímetros. Tendo em vista que a utilização da soda caustica na produção de sabão em barra restringe a utilização de materiais como alumínio, zinco, estanho e suas ligas segundo Benedito e Minatti (2014), o material utilizado e mais adequado é o aço inox.

Considerando o projeto do agitador como padrão e utilizando as proporções segundo McCabe et al. (1993) foi possível dimensionar o tanque de mistura.

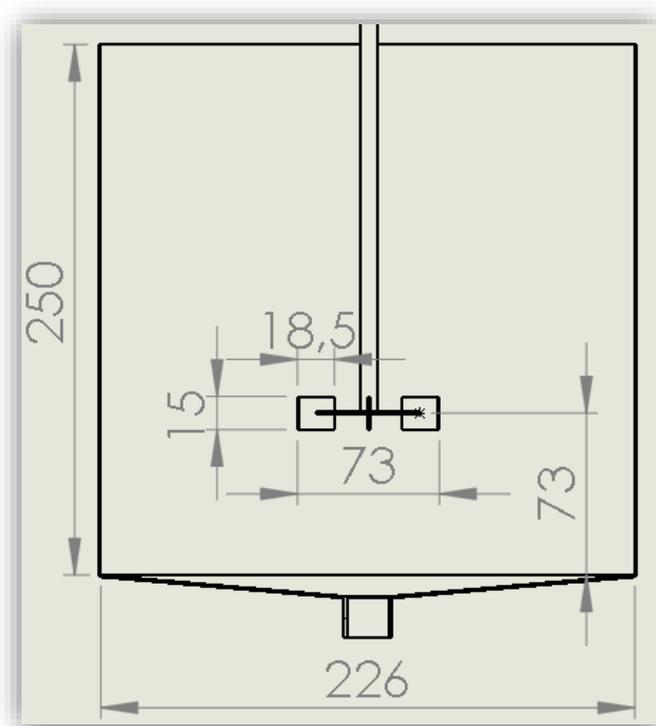


Figura 26 - Dimensionamento Tanque de Mistura.
Fonte: Autoria Própria.

Como pode ser observado na figura 26, as dimensões do projeto são:

$$D_t = 226 \text{ mm};$$

$$D_a = 73 \text{ mm};$$

$$E = 73 \text{ mm};$$

$$L = 18,5 \text{ mm};$$

$$W = 15 \text{ mm};$$

$$H = 226 \text{ mm};$$

$$J = 18 \text{ mm};$$

Convém lembrar a necessidade do uso de chicanas para evitar a formação de vórtices na agitação quando o agitador está montado axialmente ao tanque. A importância das chicanas advém da introdução de turbulência no líquido onde o movimento do líquido na ausência de chicanas move-se segundo linhas de corrente circulares tendo um baixo grau de mistura devido ao vórtice que introduz ar no líquido. Ao introduzir as chicanas as linhas de corrente são interrompidas gerando

intensa turbulência e os vórtices e remoinhos são destruídos aumentando a qualidade da mistura.

3.4. AGITADOR

A intensidade de agitação depende grandemente do tipo de agitador usado que deve ser selecionado em função da natureza do meio a agitar e da intensidade da mistura a impor.

A escolha do correto agitador, com base na viscosidade aparente de 1500 mPa.s a 60 RPM, utilizando a Figura 4 foi possível determinar o agitador para um volume de 10 L ou 0,01 m³ como sendo o modelo tipo turbina. Para este modelo de agitador foi escolhido o modelo radial, onde, Pereira (2015) comenta à grande capacidade dispersiva e agitação dos líquidos deste agitador, de forma que um modelo de turbina que se adequa é a turbina Rushton conforme a figura 27.

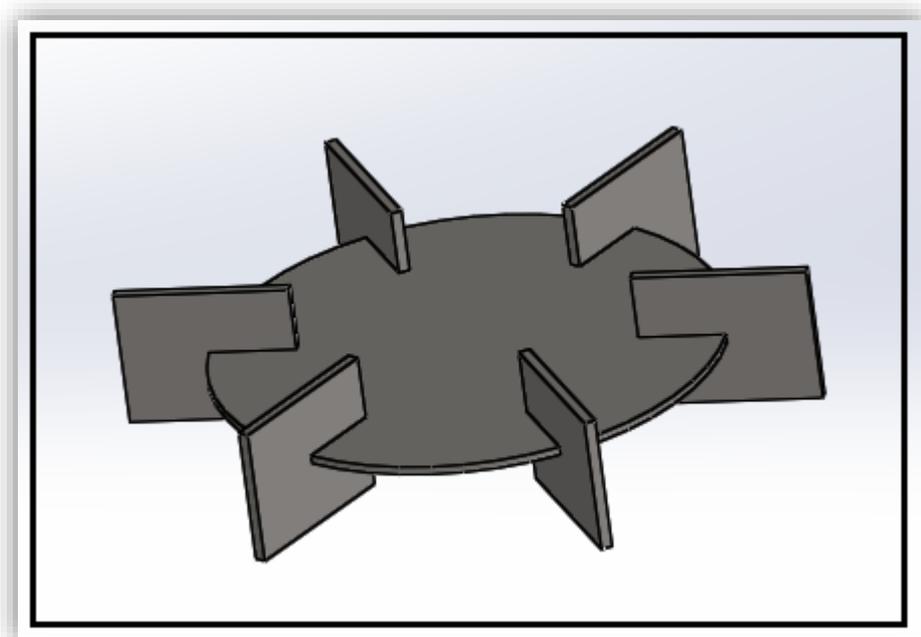


Figura 27 - Proposta de Turbina Rushton.
Fonte: Autoria Própria.

O eixo foi projetado verticalmente sendo conectado ao motor na parte superior da máquina. O dimensionamento do eixo foi realizado com base no torque de 5,97 N.m, obtido pela Equação 19, assim o torque máximo utilizando um fator de segurança de 2 através da Equação 21 obteve-se um valor de 11,94 N.m.

Para determinação do diâmetro foi utilizado a tensão admissível ou limite de escoamento dividido por dois do aço Inox 304 de 107,5 Mpa, conforme Matweb (2016). Assim o diâmetro necessário para não ocorrer cisalhamento com o torque produzido pelo motor a 60 rotações por minuto, utilizando a Equação 22 é de 10,44 milímetros.

3.5. DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA

Após determinar as dimensões do tanque e o tipo de impelidor, foi possível determinar a potência necessária para agitação da mistura de sabão. Conforme McCabe et al., (1993) o número de Reynolds deve ser calculado para a extremidade do impelidor. Porém, para fluidos não-newtonianos é difícil de se obter uma vez que a viscosidade aparente do fluido varia com o gradiente de velocidade que muda com o ponto analisado no tanque. Assim o número de Reynolds obtido pela equação 13 é de 3,74.

Como $Re < 10$, analisando o gráfico da Figura 19, o número de potência (N_p) e o número de Reynolds (NR_e) coincidem para tanque com e sem chicanas, deste modo o tanque não necessita de chicanas e sendo o escoamento laminar a densidade do líquido não é mais necessário para determinação da potência. Como $Re < 300$ o número de Froude (Fr) não foi incluída nas correlações.

Assim com estes parâmetros definidos, utilizando as equações 9 e 10 juntamente com a tabela 5, foi determinado o número de potência para uma turbina de disco 6 lâminas planas como sendo 17,4 e com isto a potência necessária é de 0,0379 W ou convertendo 0,0000515 Hp.

3.6. ESCOLHA DO MOTOR

Motor elétrico pode ser definido como um transformador de energia elétrica em energia mecânica, sendo os motores de indução os mais utilizados, pois apresentam vantagens como baixo custo, facilidade de transporte, limpeza, com construção simples e grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos.

Os motores de corrente contínua são amplamente empregados quando são aplicados em projetos com exigência de torque e variação de velocidade sendo extremamente robustos, com bom nível de estabilidade de velocidade e excelente torque de saída, sendo assim a aplicação deste motor em uma máquina de mistura, torna-se uma opção.

Apesar dos fatores positivos, os motores de corrente contínua estão caindo em desuso devido ao comutador ou coletor no motor que necessitam de escovas de carvão para efetuar a conexão elétrica CC à armadura do motor. Estas escovas de carvão sofrem desgaste constante sendo necessário a substituição gerando resíduos provenientes deste desgaste, vindo a se acumular no interior do motor necessitando de manutenção preventiva.

Mesmo com o custo mais elevado devido a manutenção do motor, foi escolhido um motor de corrente alternada de 17W ou 0,023 Hp, que supre a necessidade encontrada na teoria e ainda devido à baixa utilização do mesmo para realização das receitas. Outros fatores que foram levados em consideração, foram o tamanho do motor em comparação aos de corrente contínua e a rotação máxima entregue de 66 RPM.

O motor escolhido foi um redutor pequeno e de fácil obtenção da marca Bosch como mostra a figura 28. Geralmente, é utilizado para movimentação dos limpadores de carro. Seu dados técnicos e dimensões são encontrados no Anexo A.



**Figura 28 - Motor Bosch CHP 24V 17W.
Fonte: Bosch (2016).**

3.7. TEMPO DE MISTURA

O tempo de mistura para Shah (2016), é o tempo medido a partir do instante da adição dos ingredientes até que o conteúdo presente no tanque tenha atingido um grau especificado de uniformidade ou também pode ser descrito como sendo o tempo decorrido para um volume de fluido adicionado a um outro fluido no tanque de mistura para um determinado grau de uniformidade.

Em virtude da turbulência, os líquidos que estão perto do impelidor são bem homogeneizados, em razão da alta velocidade e como este líquido move-se pelo tanque, ao sair do contato com o impelidor, esta velocidade cai até voltar a ter contato com a pá (MCCABE et al.,1993).

Os padrões de velocidade e fluxo dos fluidos nos vasos agitados são complexos para McCabe et al. (1993), o que tornam sua determinação e estudos mais difíceis. Um ótimo critério para determinar se a mistura está adequada é o visual, no entanto não é um método que possa ser reproduzido de forma similar, porém é um passo necessário para determinação do cálculo do tempo de mistura.

Com o número de Reynolds calculado de 3,74, utilizando o gráfico da Figura 20, foi possível obter o fator de tempo, que é adimensional, aproximado para um tanque agitado por turbina de 300, assim fazendo uso da Equação 18, foi possível determinar um tempo total de 1101,5 segundos ou 18,4 minutos.

Tendo em vista que a receita utilizada para determinação da viscosidade neste trabalho demorou aproximadamente 45 minutos, sendo determinado o ponto ideal de mistura de forma visual, a criação de um dispositivo de mistura mostra-se promissor ao reduzir o tempo em 59,1%.

3.8. PROJETO

Após levantamento de dados e dimensionamento de alguns itens do projeto em questão, com o auxílio do *software Solid Works* foi possível ilustrar o protótipo da máquina.

A figura 29 demonstra de forma simplificada a máquina de 10 litros e no Apêndice A é possível observar com mais detalhes a mesma.

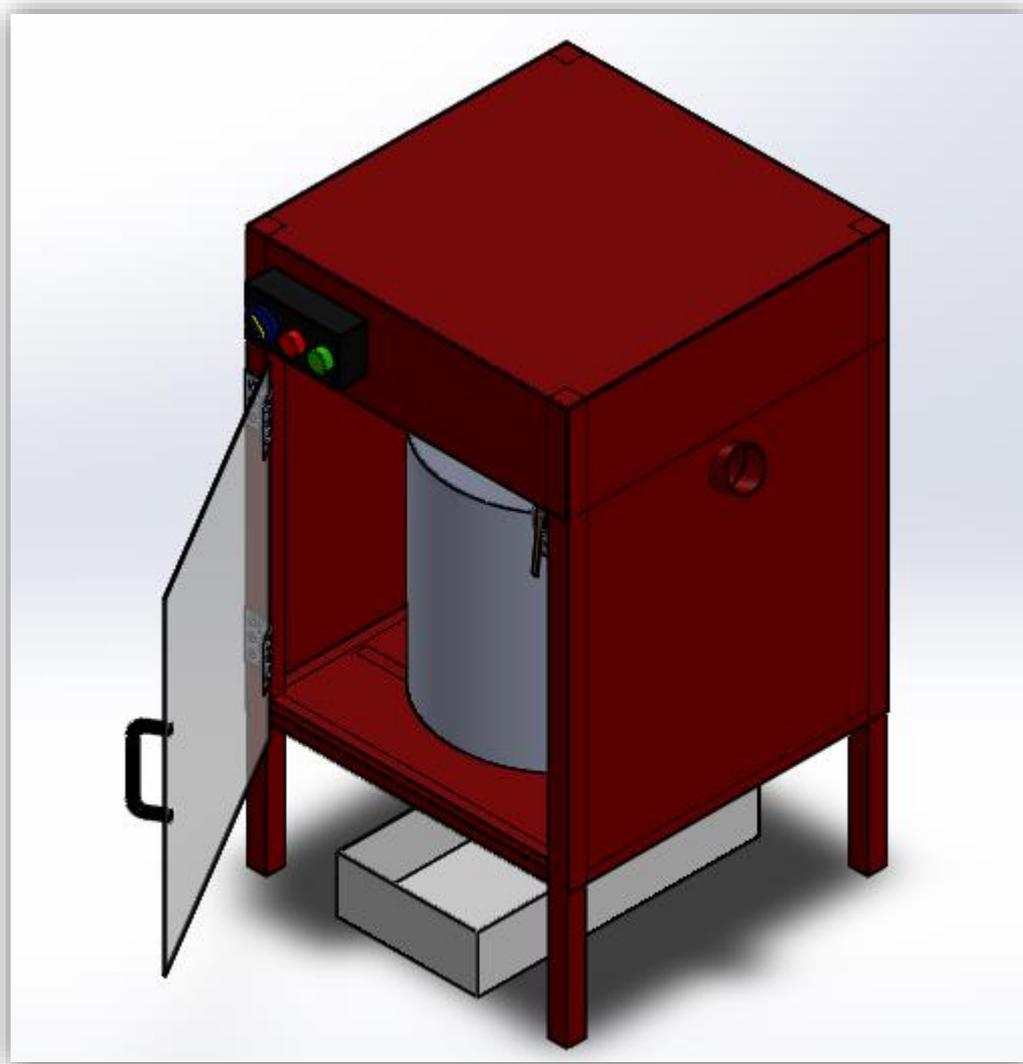


Figura 29 - Vista Isométrica do Protótipo.
Fonte: Autoria Própria.

4.8.1. CUSTO DO PROTÓTIPO

O projeto foi realizado de forma a diminuir os custos de alguns materiais disponíveis no mercado e possíveis sistemas de automação como dosadores de líquidos que poderiam tornar o sistema oneroso. Para melhor visualização, os custos para o desenvolvimento de um protótipo para receitas de no máximo 9 litros podem ser observados na tabela 13, que apresenta os materiais e seus respectivos valores de mercado obtidos.

Tabela 13 - Custos gerais da Máquina

Materiais	Custos (R\$)
Tanque de Mistura de Inox 304 10L	150,00
Estrutura de Aço Carbono	100,00
Motor CC	209,00
Parte Elétrica	112,00
Turbina em aço Inox 304	50,00
Porta em Policarbonato	35,00
Registros e válvulas	20,00
Total	676,00

Fonte: Autoria Própria

Com o valor do investimento final para criação da máquina, foi possível realizar uma análise de *payback* simples do projeto. Na produção do sabão testado, para os gastos com água e luz mensais foi adotado um valor irrisório de R\$ 2,00 e um valor de R\$ 8,00 para compra do hidróxido de sódio (NaOH), popularmente conhecida como soda cáustica, tendo assim um custo mensal de R\$ 50,00.

Considerando que certas substâncias e produtos químicos têm sido desviados de suas legítimas aplicações para serem utilizados illicitamente na produção de entorpecentes e outras substâncias, no Brasil é restringido o uso de hidróxido de sódio, em 5 quilogramas para pessoa física e 300 quilogramas para pessoa jurídica (BRASIL, 2003).

Após a cura do sabão, foram obtidos 3,6 quilogramas ou 18 unidades de barras cortadas em pedaços de 200 gramas. Levando em consideração uma diferença de R\$ 0,10 para venda deste produto em relação aos concorrentes, cada barra poderia ser vendida à R\$ 0,70. Logo, é possível obter com a venda de 5 receitas ou de 90 unidades de 200 gramas um valor bruto de R\$ 63,00 e líquido de R\$ 13,00.

Logo, para o investimento de R\$ 676,00 e um retorno mensal de R\$ 13,00, o *payback* será em de 4 anos e 2 meses. Embora o retorno econômico seja demorado, o retorno ao meio ambiente será imediato, o que ressalta a importância social, científica e ambiental do projeto.

Vale a pena ressaltar que a quantidade de soda caustica utilizada nas receitas excede o valor estipulado pelo índice de saponificação, que segundo Mercadante e Assumpção (2010) deve ser a quantidade necessária de soda para transformar 1 grama de gordura em sabão. Então para uma receita de 5 litros de óleo de soja com uma densidade de $0,914 \text{ Kg/m}^3$, e fator de conversão da Tabela 4, de 0,1360 seria necessário 622 gramas de soda cáustica.

A manutenção do sistema não foi inclusa na análise de *payback*, porque os materiais utilizados no sistema possuem uma vida útil considerável. Além disso, a manutenção é basicamente visual, a não ser pela limpeza do tanque e do misturador que deverá ser realizada após o termino de cada batelada.

É valido salientar que, durante ou após o retorno do investimento do sistema, possivelmente ocorram reajustes nos valores da matéria prima utilizada alterando o lucro. Também, pode ser sancionado no município alguma lei que estabeleça a necessidade, obrigatoriedade ou até mesmo incentivos fiscais a projetos sustentáveis como este.

Para possível redução do tempo de retorno do investimento, foi alterado a proposta, onde o sabão passou a ser cortado com 150 gramas e vendido a R\$ 0,65, obteve-se com a venda de 24 unidades um valor líquido de R\$ 28,00, tendo um novo *payback* de aproximadamente 2 anos.

Como pode ser observado a alteração na proposta de venda e de produção é possível aumentar o lucro e reduzir o *payback*, assim para comparação foi realizado a ampliação do projeto para aplicação em uma empresa, e foi verificado o possível retorno como pode ser observado na tabela 14.

Tabela 14 – Comparativo de Retorno de Investimento

Dados	50L	200L	500L	1000L
Custo Aproximado de Fabricação				
Máquina [R\$]	1.800,00	2.500,00	3.550,00	4.550,00
Produção de Sabão [Kg]	25,8	102,9	257,1	514,4
Unidades (200g)	129	515	1285	2572
Valor Unitário (R\$)	0,65	0,65	0,65	0,65
Custo Matéria Prima (R\$)	70,00	250,00	600,00	1190,00
Quantidade de Receitas	5	5	5	5
Lucro Mensal	69,25	423,75	1176,25	2409,00
Payback (Meses)	26	6	3	2

Fonte: Autoria Própria.

O comparativo criado entre as propostas de ampliação da máquina, mostra que uma produção elevada pode fazer com que o retorno do investimento seja rápido, contudo, nestas propostas não foram considerados custos que possivelmente uma empresa terá com funcionários e impostos para seu funcionamento tendo ainda a possibilidade destes produtos não serem vendidos.

4.9. AMPLIAÇÃO DO PROJETO

Como observado a máquina atende a quantidade de óleo produzida por uma residência que é de 3 a 4 litros de óleo, mas a análise de *payback* simples o retorno do investimento se dará em 4 anos e 2 meses ou em até 2 anos, dependendo do modelo de negócio adotado, de forma que não se torna atrativo um investimento. Sendo assim como forma de melhorar o tempo de retorno do capital investido foi realizado a ampliação desta máquina para aplicação no município de Pato Branco – PR.

Conforme Grt (2012), empresa responsável pelo recolhimento do óleo em restaurantes, lanchonetes e até mesmo no aterro sanitário no município de Pato Branco, a quantidade aproximada de óleo recolhido é de 3.700 litros/mês, sendo pago R\$ 0,20 por litro, sendo destinados a usinas de biodiesel.

Para esta quantidade de óleo ou até mesmo um maior volume em virtude da possibilidade de recolhimento em municípios próximos, para ser utilizada para produção de sabão em maiores quantidades, foi necessário a ampliação da máquina. Realizando os mesmos cálculos utilizados anteriormente para recipientes de 50, 200, 500 e 1000 litros pode ser obtido os valores que seguem na tabela 15.

Tabela 15 – Dados Para Ampliação

Dados	50L	200L	500L	1000L
Viscosidade [Kg/m.s]	1,5	1,5	1,5	1,5
Densidade [Kg/m ³]	1053	1053	1053	1053
Rotação [RPM]	60	60	60	60
Diâmetro do Impelidor [mm]	133	150	231	313
Número de Reynolds [Re]	12,41	15,8	37,5	68,8
Número de Potência	8	7	6	4
Potencia [Kg.m ² /s ³] ou [Wats]	0,35	0,56	4,15	12,65
Potencia [Hp]	0,00067	0,0011	0,008	0,024

Fonte: Autoria Própria

Como pode ser observado a potência do motor continua baixa, mas como estes motores terão uma demanda de uso muito maior, sendo usados com mais frequência e tempo, passa a ser viável a utilização de motores de corrente alternada para realizar a agitação, de forma que o motor industrial que pode ser utilizado é o de ½ Hp de potência de 4 polos. Seus dados técnicos e dimensões são encontrados no Anexo B.

Para a fabricação de uma máquina necessária para uma grande produção de sabão, foi projetado um misturador de grande porte que pode ser observado na figura 30. É possível observar com mais detalhes a máquina no Apêndice B.

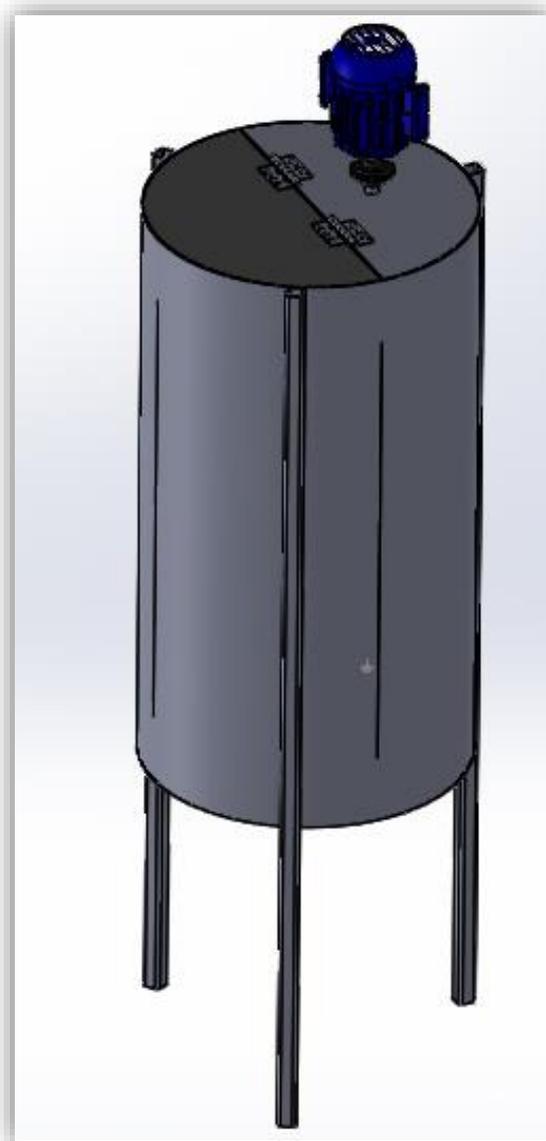


Figura 30 - Vista Isométrica do Protótipo Ampliado.
Fonte: Autoria Própria.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de aplicado a metodologia de análise para obter a viscosidade e densidade das misturas, foi criado o projeto de uma máquina de fabricação de sabão através da reciclagem de óleo residual, com dimensões reduzidas de forma que sua utilização fosse de fácil manuseio.

Com base no projeto desenvolvido foi possível o levantamento de custos para a fabricação de um protótipo, que por sua vez não se tornou viável devido à baixa produtividade, mas que se mostrou promissor com sua ampliação para tanques maiores.

Apesar de possuir um custo de aplicação razoável, o projeto aplicado no município de Pato Branco – PR onde são recolhidos aproximadamente 4000 litros/mês de óleo residual tendo possibilidade de uma maior quantidade se recolhido em municípios vizinhos, teria um retorno rápido do seu investimento.

Com a ampliação da máquina para utilização no município de Pato Branco algumas instituições como por exemplo a APAE, lar dos idosos e FUNDABEM, se beneficiariam com a redução de custos, sendo utilizando ou vendendo os sabões produzidos.

Analisando todos esses fatores, a máquina de fabricação de sabão proporciona a preservação ambiental, reduzindo os impactos ambientais causados pelo óleo, a responsabilidade social, pelo fato da sociedade se conscientizar a realizar o descarte de forma correta e também a viabilidade econômica, devido à geração de lucros com a venda do sabão produzido para comunidades e empresas locais.

Sugestões para trabalhos futuros:

- Avaliação de receitas de sabão;
- Montagem de um protótipo da máquina;
- Avaliação para redução de custos;
- Automação da máquina;
- Aplicação da máquina no município;

REFERÊNCIAS

ABIOVE (São Paulo). **Ciclo do Óleo**. 2015. Disponível em: <<http://www.oleosustentavel.org.br/?page=ciclo-oleo>>. Acesso em: 20 out. 2015.

ALBERICI, Rosana Maria; PONTES, Flávia Fernanda Ferraz de. RECICLAGEM DE ÓLEO COMESTÍVEL USADO ATRAVÉS DA FABRICAÇÃO DE SABÃO. **Engenharia Ambiental: pesquisa e tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal – Sp, v. 1, n. 1, p.73-76, dez. 2003. Mensal.

ANVISA. Constituição (1978). Resolução normativa nº 1/78, de 21 de novembro de 1978. Aprova as normas a serem obedecidas pelos detergentes e seus congêneres. **Diário Oficial da Nação**. Brasília, DF, 27 nov. 1978.

BARBOSA, Hanniman Denizard Cosme et al. Levantamento da geração e disposição do óleo de fritura usado no município de Tabatinga-AM. **Igapó: Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFAM**, Tabatinga-am, v. 5, p.26-32, jun. 2011. Mensal.

BALDASSO, E.; PARADELA, A. L.; HUSSAR, G. J. **Reaproveitamento de óleo de fritura na fabricação de sabão**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p. 216-228, jan./mar. 2010.

BENEDITO, Valdeci José; MINATTI, Everton. **Ficha de informação e segurança de produto químico: soda cáustica solução 49/50%**. 2014. Disponível em: <http://www.usiquimica.com.br/adm_img/fispq-21.pdf>. Acesso em: 20 out. 2015.

BOSCH. **Motores Elétricos**. Disponível em: <<http://www.bosch-ibusiness.com/>>. Acesso em: 10 maio 2016.

BRASEQ, Comunicação. **Exatidão dos viscosímetros Brookfield**. Disponível em: <<http://braseq.blogspot.com.br/2012/03/exatidao-dos-viscosímetros-brookfield.html#>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **DOU**: Diário Oficial da União, Brasília, 03 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 10 out. 2015.

BRASIL. Polícia Federal. Portaria n. 1.274, de 25 de agosto de 2003. **DOU**: Diário Oficial da União, Brasília, 26 de agosto de 2003. Legislação Federal e Marginalia.

BROCK, Josiane et al. Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, p.564-570, set. 2008.

BROOKFIELD. **BROOKFIELD DIAL VISCOMETER**: Operating Instructions. Disponível em: <<http://www.viscometers.org/PDF/Manuals/laboratory/DIAL.PDF>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

CARBOCLORO, Unipar. **Soda Cáustica em Escamas**. Disponível em: <<http://www.uniparcarbochloro.com.br/>>. Acesso em: 28 out. 2015.

CARVALHO, Ieda dos Santos; SOUZA, Merivanda Carvalho de. **Produção de sabão em pedra e detergente a partir da reciclagem de óleos residuais de fritura nos restaurantes de Cametá**: Uma alternativa viável para o meio ambiente. 2014. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Licenciatura em Ciências Naturais, Universidade Federal do Pará, Cametá-PA, 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 275, de 25 de abril de 2001**. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273>>. Acesso em: 06 out. 2015.

DA MOTTA, Elisabeth Flávia Roberta Oliveira. Fabricação de produtos de higiene pessoal. Dossiê Técnico: **REDETEC - Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro**, mai. 2007.

FRANCISCO BELTRÃO (Município). Lei nº 4.330, de 02 de setembro de 2015. Institui o Programa Municipal de Coleta Seletiva de Óleo de Cozinha para fabricação de sabão caseiro no Município de Francisco Beltrão-PR e dá outras providências. **Gabinete do Prefeito Municipal de Francisco Beltrão**. Francisco Beltrão, PR, 2 set. 2015.

FENOQUÍMICA. **Reator motorizado para sabão em barra**. 2015. Disponível em: <<http://www.fenoquimica.com.br/produtos/maquinas-reatormotorizado.php>>. Acesso em: 04 nov. 2015.

GLOBO, G1 Piracicaba e Região. **Dificuldade de mãe leva estudantes a criarem máquina para fabricar sabão**. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2014/05/dificuldade-de-mae-leva-estudantes-criarem-maquina-para-fabricar-sabao.html>>. Acesso em: 04 nov. 2015.

GOZZI, Giuseppe Giovanni Massimo; PAREDE, Tera Miho Shiozaki. **Eletrônica**: Máquinas e instalações elétricas. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011. 3 v

GOUVEIA, Lidiane Pires et al. Reutilização de óleos comestíveis na confecção de sabões: uma alternativa de reciclagem. In: XIX Congresso de Iniciação Científica, 2, 2010, Pelotas. **Anais....** Pelotas: Congresso de Iniciação Científica, 2010.

GRT (Guarapuava – Pr). **Óleo Vegetal**. 2012. Disponível em: <<http://www.grtoleovegetal.com.br/>>. Acesso em: 29 abr. 2016.

HEINZEN, Catia Kafka; JUNGLOS, Simone. **EMPREENDEDORISMO NA ESCOLA: PROJETO SABÃO ECOLÓGICO**. Presidente Getúlio, 2013.

ISENMANN, Armin Franz (Ed.). **Operações unitárias na indústria química**. 2. ed. Timóteo - Mg: [s.n.], 2013.

JUNIOR, O. S. R. P et al. **Reciclagem do óleo de cozinha usado**: uma contribuição para aumentar a produtividade do processo. Key elements for a sustainable world: Energy, water and climate change. 2ns International Workshop – Advances in Cleaner Production. São Paulo, Brasil, maio 2009. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4b/2/M.%20S.%20Nogueira%20-%20Resumo%20Exp.pdf>> Acesso em: 06 out. 2015.

LABSYNTH. **Ficha de informações de segurança de produtos químicos**: álcool etílico absoluto. 2009. Disponível em: <<http://www.fca.unicamp.br/>>. Acesso em: 28 out. 2015.

LEAL, Claudiana Maria et tal. **Sabão Ecológico – Soluz**: Uma Proposta de Geração de Renda para Comunidades da Grande João Pessoa – PB. 2010. Disponível em :<<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/view/519/325>> Acesso em: 20 out. 2015.

MARQUEZAN, Luiz Henrique Figueira. ANÁLISE DE INVESTIMENTOS. **Revista Eletrônica de Contabilidade**, Santa Maria, v. 3, n. 1, jan/jun. 2006.

MATWEB MATERIAL PROPERTY DATA, 304 Stainless Steel. Disponível em <http://www.matweb.com/search>. Acesso em: 15 mai. 2016.

MCCABE, Warren Lee et al. **Unit operations of chemical engineering**. 5. ed. [s.i.]: Mcgraw-hill, 1993.

MCCABE, Warren Lee et al. **Unit operations of chemical engineering**. 7. ed. New York: Mcgraw-hill, 2005.

MERCADANTE, Ricardo; ASSUMPÇÃO, Lucilaine de. **Massa base para sabonetes**: Fabricando sabonetes sólidos. 2010. Disponível em: <<http://projetos.unioeste.br/projetos/gerart/apostilas/apostila7.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2015.

MFRURAL (Marília - Sp) (Org.). **Anúncios de óleo de cozinha.** 2015. Disponível em: <<http://www.mfrural.com.br/busca.aspx?palavras=oleo+cozinha>>. Acesso em: 12 nov. 2015.

NASCIMENTO, Antônio Carlos M. et al. **A logística reversa do óleo de fritura usado como solução para problemas ambientais.** 2010. Disponível em: <<http://www.setorreciclagem.com.br/images/oleo.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2015.
NASCIMENTO, Christine Rabello. **Reologia e Reometria Aplicadas ao Estudo de Polpas Minerais.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008.

JÚNIOR, Olivaci. **A FANTÁSTICA MÁQUINA QUE TRANSFORMA ÓLEO DE FRITURA EM SABÃO.** 2011. Disponível em: <<http://olivacijunior.blogspot.com.br/2011/09/fantastica-maquina-que-transforma-oleo.html>>. Acesso em: 03 nov. 2015.

OLIVEIRA, Rosicler Barbosa de et al. **Sustentabilidade Ambiental e Logística Reversa: Análise das Redes de Reciclagem de Óleo de Cozinha na Região Metropolitana de São Paulo.** Revista ADM. MADE, v. 18, n. 2, 2014.

PEDROSA, Stella M. Peixoto de Azevedo. **Programa Aí tem Química! : Cosméticos – higiene e limpeza.** 2015. Disponível em: <http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/video/ai_tem_quimica/cosmeticos/higiene_e_limpeza/guiaDidatico.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2015.

PEREIRA, Alexandra Maria da Silva. **Produção de Sabões Líquidos com Aroma e Esfoliante a partir de Óleos Usados da cantina da FEUP.** 2008. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade do Porto Faculdade de Engenharia, Porto - Portugal, 2008.

PEREIRA, Félix Monteiro. **OPERAÇÕES UNITÁRIAS II: AGITAÇÃO E MISTURA.** Disponível em: <<http://www.dequi.eel.usp.br/~felix/agitacaomistura.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2015.

PEREIRA, Jakson Araújo et al. **MÁQUINA PARA PROCESSAMENTO DE SABÃO ECOLÓGICO.** *Revista de Controle e Automação*, Nazaré - PA, 2012. Anual.

POSIJET. **Automação Industrial.** 2010. Disponível em: <<http://www.posijet.com.br/>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

RABELO, Renata A.; FERREIRA, Osmar M. **Coleta Seletiva De Óleo Residual De Fritura Para Aproveitamento Industrial.** 2008.

REQUE, Patrícia Tambosi; KUNKEL, Neidi. **QUANTIFICAÇÃO DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA GERADO NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA-RS.** *Disciplinarum Scientia: Série: Ciências Naturais e Tecnológicas*, Santa Maria - Rs, v. 11, p.50-63, 2010.

SABESP (São Paulo). Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Tratamento da água**. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/>>. Acesso em: 06 out. 2015.

SALLES, Fernanda Soton Ferreira. **Impacto Ambiental Causado por Óleo Vegetal**. 2010. 36 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão Ambiental, Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2010.

SANTOS, R. S. Gerenciamento de resíduos: coleta de óleo de cozinha. 2009. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Logística, Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo, 2009.

SCHNEIDER, Elmo Ebanês. **INSTALAÇÕES DE DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA PARA MÁQUINAS OPERATRIZES CONFORME A NORMA REGULAMENTADORA Nº12 COM ÊNFASE EM DISPOSITIVOS ELÉTRICOS**. 2011. 47 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí/RS, 2011.

SCHRAMM, Gebhard. **Reologia e reometria: fundamentos teóricos**. 2. ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2006.

SECRETARIA DE INSPEÇÃO DO TRABALHO (SIT), NORMA REGULAMENTADORA. **NR-12: Máquinas e Equipamentos**. S.l., 2011.

SEGANTINI, Fernanda. **Sabão com óleo e amaciante: o mais cheiroso**. Disponível em: <<http://www.dicasdemulher.com.br/receitas-de-sabao-caseiro/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

SHAH, Mihir (Comp.). **Process Engineering: Agitation & Mixing**. Disponível em: <<http://www.dduanchor.org/site/wp-content/uploads/2014/11/Process-Engineering-Agitation-Mixing.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2016.

SILVA, Marcondes Viana et al. Reciclagem de óleos residuais para a produção de sabão no município de Itapetinga-BA. **Extensio: Revista Eletrônica de Extensão**, Florianópolis, v. 9, n. 13, p.106-120, 22 nov. 2012. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). DOI: 10.5007/1807-0221.2012v9n13p106.

SOLOMONS, T. W. Graham; FRYHLE, Craig B. **Química Orgânica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2006. 2 v.

SOUZA, L. D. Sabão neutro produzido a partir de óleo de cozinha usado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 48, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Cbq, 2008. Disponível em:

<<http://www.abq.org.br/cbq/2008/trabalhos/5/5-66-3265.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

STEFFE, James F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. East Lansing: Freeman Press, 1992. 418 p.

TRIÂNGULO, O Instituto. **Óleo de Cozinha Usado**. 2015. Disponível em: <<http://www.triangulo.org.br>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

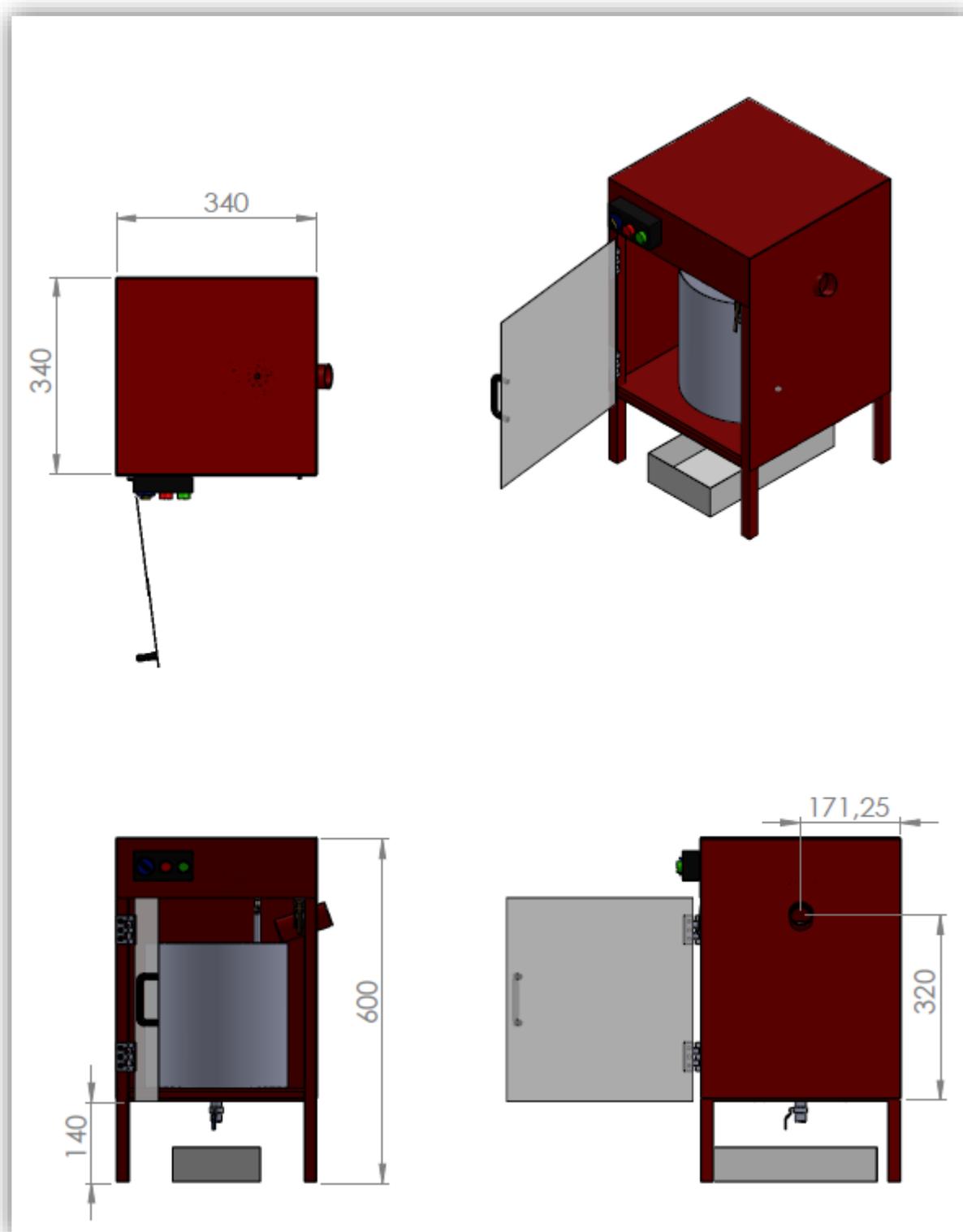
VELOSO, Y. M. S.; FREITAS, L. F. L.; AMARAL FILHO, J. H. B.; SANTOS, I. T.; LEITE, M. S.; ARAUJO, P. J. L. **Rotas para reutilização de óleos residuais de fritura**. Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 1, p. 11-18, 2012.

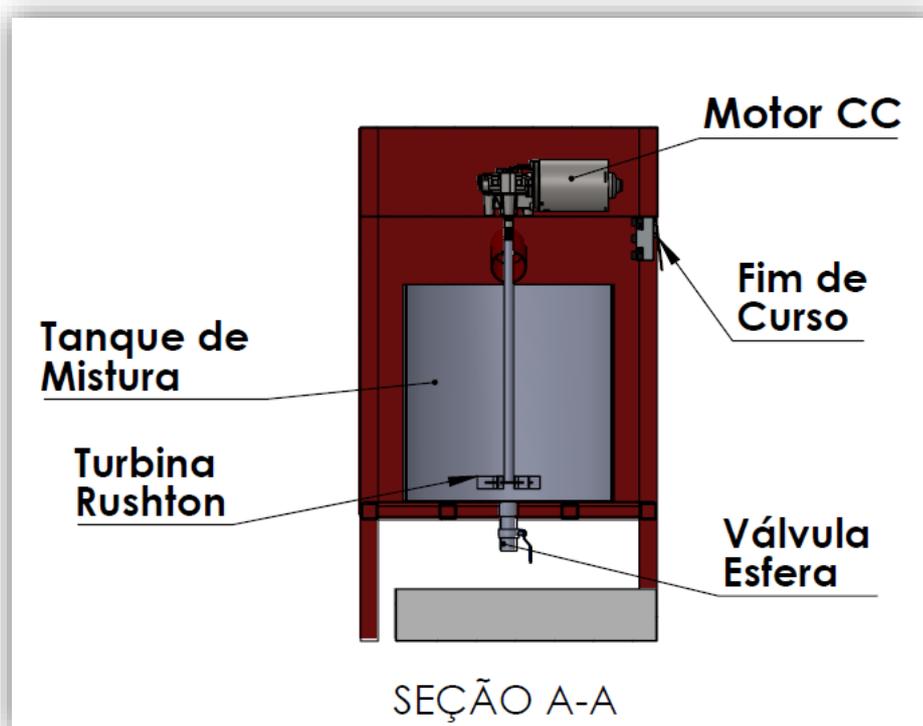
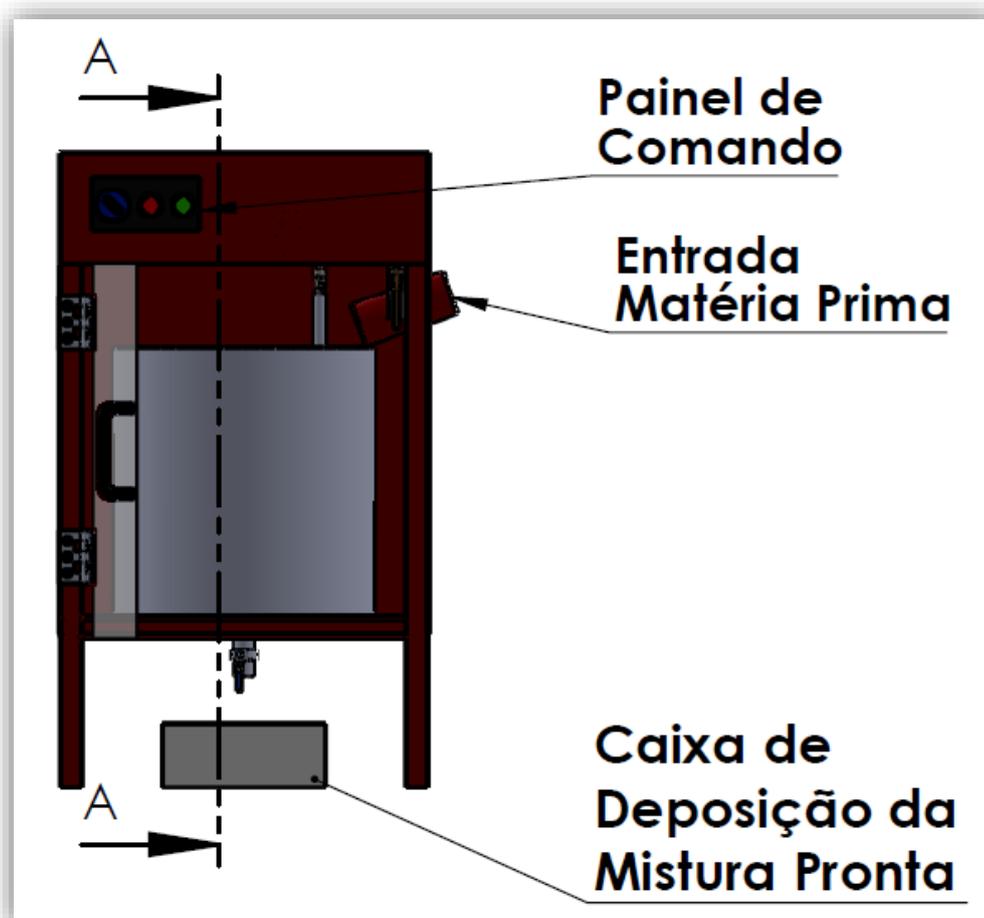
WILDNER, Loreni Beatriz Arnold; HILLING, Clayton. RECICLAGEM DE ÓLEO COMESTÍVEL E FABRICAÇÃO DE SABÃO COMO INSTRUMENTOS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL. **Reget**, [s.l.], v. 5, n. 5, p.813-824, 23 jan. 2012. Universidade Federal de Santa Maria. DOI: 10.5902/223611704243.

ZUMMO. **Sistema de Filtragem de Óleo de Fritura**. Disponível em: <<http://www.zummo.com.br/artigo6.html>>. Acesso em: 05 nov. 2015.

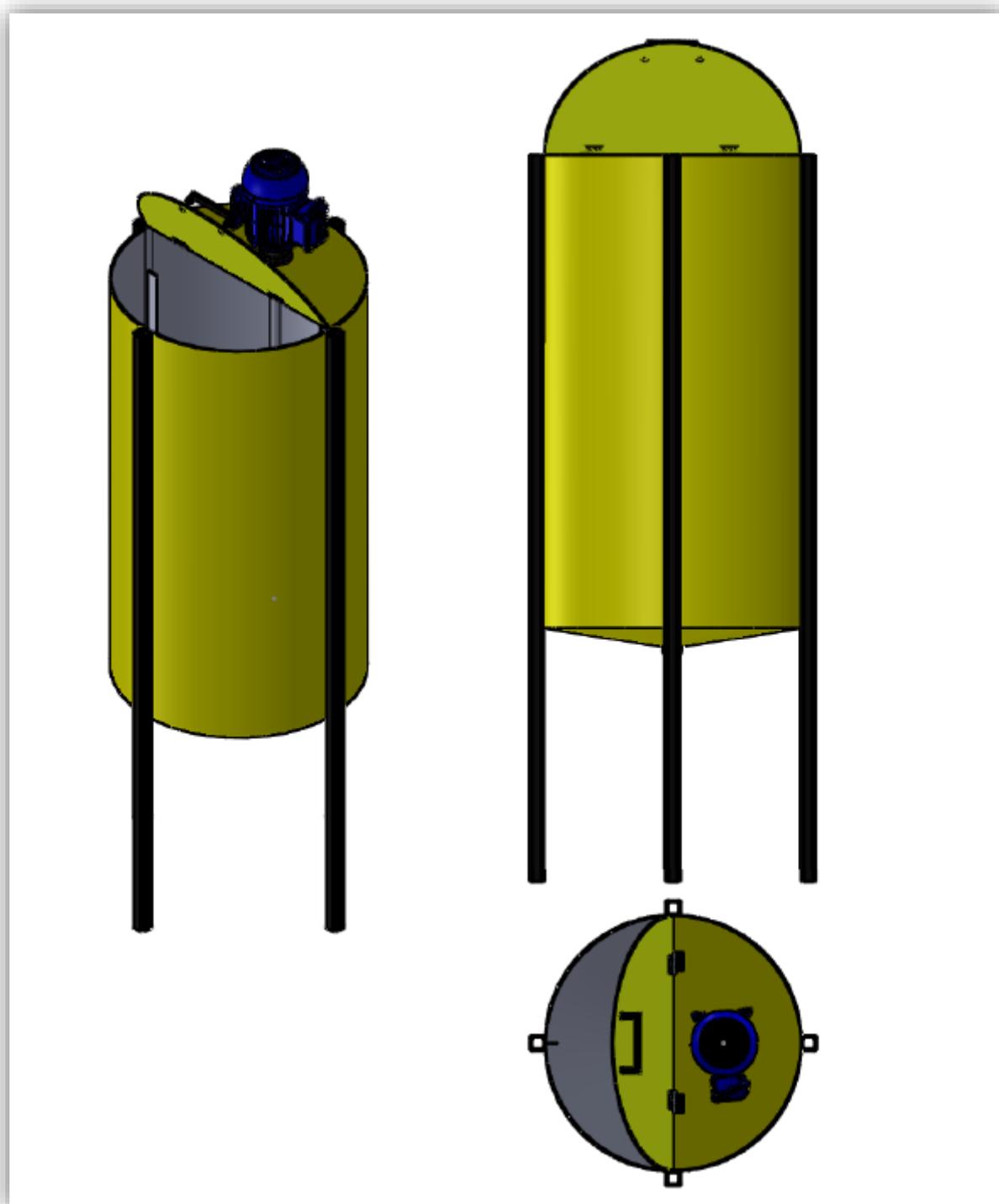
APÊNDICES

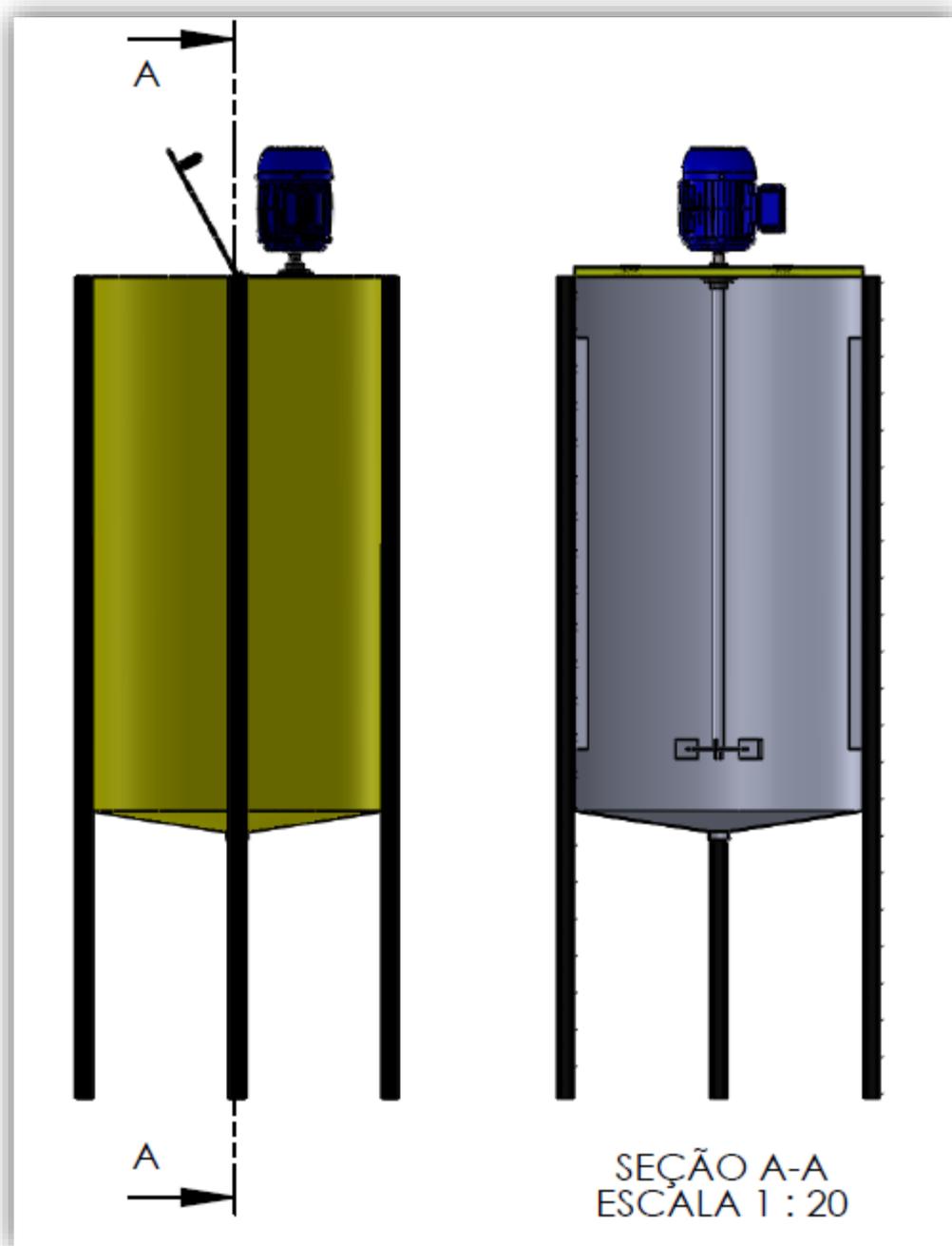
APÊNDICE A – Protótipo





APÊNDICE B – Protótipo de Ampliação





ANEXOS

ANEXO A – Motor Corrente Contínua

Motores de corrente contínua com transmissão

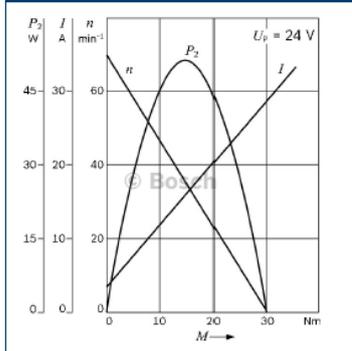
CHP | 24 V 17 W

DADOS TÉCNICOS

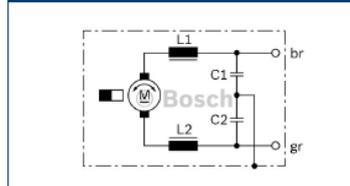
Bestellnummer	F 006 B20 097
Tensão nominal	U_N 24 V
Potência nominal	P_N 17 W
Corrente nominal	I_N 5,3 A
Corrente máxima	I_{max} 21 A
Rotação nominal	n_N 66 min ⁻¹
Torque nominal	M_N 2,4 Nm
Torque de aperto	M_A 24 Nm
Redução	i 69 : 1
Sentido de rotação	L/R
Modo de operação	S 1
Tipo de proteção	IP 23
Peso	aprox. 1,20 kg
Nº de referência similar	0390257685

Rotação à direita verde a (+), marrom a (-)
 Rotação à esquerda marrom a (+), verde a (-)
 Sob consulta

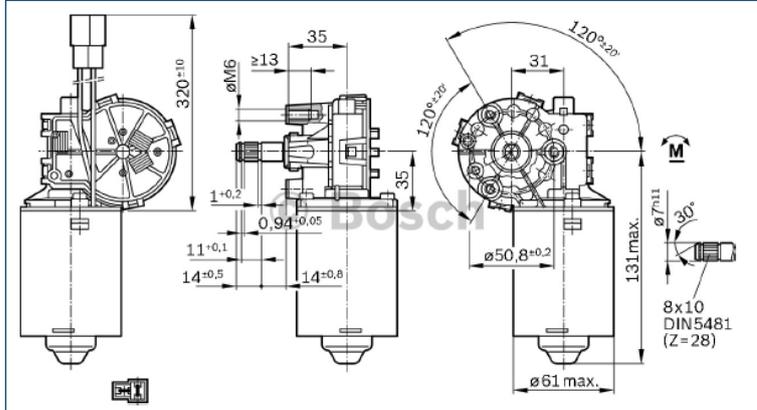
LINHA CARACTERÍSTICA



LIGAÇÃO ELÉTRICA



DESENHO DE MEDIDAS



ANEXO B – Motor Corrente Alternada

