



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

HELDER RAMOS SOARES

**Uso de extrusora do tipo expeller para a obtenção de óleo a partir de  
diferentes sementes oleaginosas**

JOÃO PESSOA

2019

HELDER RAMOS SOARES

**Uso de extrusora do tipo expeller para a obtenção de óleo a partir de diferentes sementes oleaginosas**

Trabalho de conclusão de curso ao corpo docente do Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica da universidade Federal da Paraíba, como requerido para a obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador. Prof. Dr. Carlos Antônio Cabral dos Santos

JOÃO PESSOA, PARAÍBA

2019

HELDER RAMOS SOARES

**Uso de extrusora do tipo expeller para a obtenção de óleo a partir de  
diferentes sementes oleaginosas**

Trabalho de conclusão de curso – TCC, apresentado pelo graduando HELDER RAMOS SOARES, do curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, tendo obtido o conceito \_\_\_\_\_, conforme a apreciação da banca examinadora.

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Carlos Antônio Cabral dos Santos (Orientador)

---

André Felipe Mendes Alves (Examinador)

---

Ledson Pedro dos Santos (Examinador)

JOÃO PESSOA

2019

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S676u Soares, Helder Ramos.

    Uso de extrusora do tipo expeller para obtenção de óleo a partir de diferentes sementes oleaginosas / Helder Ramos Soares. - João Pessoa, 2019.

    56 f. : il.

    Orientação: Carlos Antônio Cabral dos Santos Santos. TCC (Especialização) - UFPB/CT.

    1. Experimento-Extração de óleo vegetal-extrusora. I. Santos, Carlos Antônio Cabral dos Santos. II. Título.

UFPB/BC

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por ter me dado força e perseverança nos momentos de aflição. Em segundo e não menos importante aos meus pais, o professor Gildázio Soares por ter me ensinado que é possível alcançar nossos sonhos através do estudo, por ser um exemplo de pai compreensivo e acolhedor de um coração enorme, a minha mãe Gelza Ramos por ter sido o meu porto seguro e um pedacinho do céu na minha vida, um exemplo de mulher batalhadora e humilde, ao meu irmão José Igor por ser uma das pessoas mais companheiras que conheci, lutamos muitas batalhas juntos.

Não poderei esquecer de agradecer aos meus avós Josefa Soares e Gidalto Gomes por serem exemplos de pais educadores, criando seus cinco filhos na base da enxada, alimentando o sonho de uma vida melhor, ensinando que pobreza não é desculpa para se ter educação ruim. Um lar com Deus não é um lar vazio más, cheio de amor, de batalhas e de superação, hoje colhem os frutos que plantaram com o suor de seus esforços em seus filhos e netos.

Ao meu avô Antônio Rodrigues por acreditar em mim durante toda a caminhada, me dando força e entusiasmo para chegar até aqui, agradeço pelos seus exemplos de honestidade e inteligência.

A minha gratidão a todos que de forma direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse a essa conquista. Não poderei esquecer dos meus colegas de curso que dividiram comigo as batalhas diárias, Yago Ferreira, Wellyson Pontes, Mizael Falheiro, Taivinson Liberato, Leonardo Bezerra, Lucas Zago, Anne Louise, Antônio Gonçalves e Samuel dos Santos.

A minha namorada Melka (Mel) por ter sido um exemplo de pessoa determinada e batalhadora, encontrei em você forças nos momentos de aflição, você é um presente de Deus na minha vida.

Ao meu orientador, professor Dr. Cabral. Obrigado pela confiança, paciência e incentivo, por toda atenção e preocupação para que tudo caminhasse bem neste trabalho, um exemplo de profissional carismático e acolhedor.

## Resumo

O presente trabalho tem por finalidade avaliar o funcionamento e a eficiência de uma extrusora de parafuso único. A extrusora foi adquirida para a extração de óleo a partir de oleaginosas visando a produção de biocombustível. Foram realizados experimentos com diferentes tipos de sementes oleaginosas com teores diferentes de óleo e umidades distintas, destaca-se a importância da avaliação dos tipos de dispositivos capazes de realizar a extração de óleo de vegetais visando a produção do biocombustível, como também, analisar os benefícios para o meio ambiente. Foi desenvolvido um estudo experimental e também uma pesquisa de ordem descritiva e explicativa, a partir de procedimentos voltados para um uso inteligente do potencial dessas sementes, os experimentos realizaram-se com base numa intensa sondagem bibliográfica. Através de toda a análise em conjunto, verificou-se que o biocombustível é uma alternativa benéfica em vários sentidos, desde a sua produção que pode ser controlada a partir do plantio das lavouras até seu uso direto, ocasionando menores índices de poluição ambiental. Assim como toda máquina, observou-se que a extrusora necessita de uma manutenção periódica e precisa, concordante com o que é proposto no próprio manual, do contrário, são perceptíveis todas as implicações causadas na prensa, advindas de uma assistência mecânica falha.

**Palavras chave:** Experimento – Extração de óleo vegetal – Extrusora – Biodiesel

## **Abstract**

The purpose of the present work is to evaluate the operation and efficiency of a single screw extruder. The extruder was purchased for the extraction of oil from oilseeds for the production of biofuel. Experiments were carried out with different types of oilseeds with different oil contents and different humidities. The importance of the evaluation of the types of devices capable of extracting vegetable oil for the production of biofuel, as well as analyzing the benefits to the environment. It was developed an experimental study and also a descriptive and explanatory research, based on procedures aimed at an intelligent use of the potential of these seeds, the experiments were carried out based on an intense bibliographic survey. Throughout the whole analysis, it was verified that biofuel is a beneficial alternative in several senses, from its production that can be controlled from the planting of the crops until its direct use, causing lower rates of environmental pollution. As with all machines, it has been observed that the extruder requires periodic and precise maintenance, in accordance with what is proposed in the manual itself, otherwise all the implications of mechanical failure are perceptible.

**Keywords:** Experiment - Extraction of vegetable oil - Extruder - Biodiesel

# Sumário

Capítulo 1: Introdução .....	1
1.2 Objetivo Geral .....	5
1.3 Objetivo Específico .....	5
Capítulo 2: Revisão Bibliográfica .....	6
2.1 Óleos vegetais.....	6
2.2 Biodiesel .....	6
2.3 Mamona .....	8
2.5 Algaroba .....	10
2.6 Sementes de algodão .....	12
3.0 Extrusão .....	15
3.1 Extrusora de rosca simples .....	16
3.2 Componentes da Extrusora.....	17
3.2.1 Motor .....	19
3.2.2 Caixa de redução .....	20
3.2.3 Parafuso da extrusora .....	21
3.2.4 Mancal de apoio (mancal de empuxo).....	23
3.2.5 Funil de alimentação.....	24
3.2.6 Cilindro, canhão ou barril .....	25
3.3 Transporte de sólidos na extrusora .....	25
3.3.1 Zona de alimentação.....	26
3.3.2 Zona de compressão .....	27
3.3.3 Zona de dosagem .....	27
Capítulo 4: Metodologias de Pesquisa.....	29
4.1. Sobre as sementes .....	30
4.2. Sobre a máquina .....	30

4.3. O primeiro experimento .....	32
4.4. O segundo experimento .....	32
Capítulo 5: Resultados.....	34
5.1 Teor de óleo das sementes e aplicações na indústria.....	34
5.2 Extração do óleo de algodão.....	35
5.3 Extração do óleo de mamona.....	38
5.4 Extração do óleo de algaroba.....	40
5.5. Comparativo das eficiencias.....	421
5.6. Sobre a manutenção da extrusora. ....	42
Capítulo 6: Conclusão .....	44
Referências Bibliográficas.....	46

# Capítulo 1: Introdução

As revoluções industriais que ocorreram da segunda metade do século XVIII ao início do século XX, promoveram mudanças significativa nas relações de consumo, tendo como fator primordial as novas relações de produção e consumo sociedade dita moderna. Inicialmente as empresas operavam voltadas para manufatura de subsistência, devido ao avanço populacional passaram a implementar estudos científicos visando a massificação da produção de suas mercadorias mudando o patamar das empresas. Seu maior avanço foi dado devido a implementação de mecanização na fabricação e a implantação de uma nova visão gerencial, tendo como foco o lucro e o barateando seus custos.

De acordo com (CALDERÓN, 2011) o histórico da extração de óleo não é novo, parte desde o princípio da humanidade, com os homens da pedra que utilizavam sementes ricas em óleo como fonte de energia. É datado a 1650, pelo menos, os primeiros registros, quando os povos egípcios utilizavam utensílios de pedra ou madeira para esmagar azeitonas maduras com o propósito produzir o azeite, também foi no Egito que anos mais tarde começaram a se extrair óleos provenientes das sementes de sésamo, linhaça e rícino. As primeiras máquinas extratoras de óleo obtiveram grande avanço na idade média, dar-se a Leonardo Da Vinci o aprimoramento de tais equipamentos, proporcionando-as maiores rendimentos. As prensas eram do tipo expeller, caracterizadas por parafusos que giram em torno de seu eixo, conseguindo-se extrair o óleo por rotação, esta ideia foi carregada até os dias atuais, no uso de prensas modernas.

Existem alguns assuntos que possuem o poder de movimentar a economia mundial, assim como ocorreu quando da descoberta das aplicações dos produtos derivados do petróleo e a forma beneficiariam a humanidade, como a descoberta do biodiesel. Partindo do pressuposto das consequências do uso desenfreado dos derivados de petróleo, o seu esgotamento e a forte agressão ao meio ambiente, o biodiesel surgiu como uma resposta a esses questionamentos. Vem ganhando mais espaço nas discussões sobre o futuro energético mundial por ser biodegradável e produzido por fontes renováveis como gordura animal ou óleos vegetais. Possui menor emissão do CO<sub>2</sub> quando posto em comparação com os combustíveis fósseis, ausência de enxofre na mistura, sua produção industrial não gera substâncias danosas ao ambiente e em sua maioria a sua fonte principal fonte de matéria prima advém dos vegetais.

Existe uma grande variedade de fontes de óleos vegetais resultando numa grande variabilidade de percentuais de extração. As tecnologias mais usuais são as de extração por prensagem mecânica, com escalas e ordens de investimento menores, e de extração química, com escala e investimentos maiores. Existem três principais métodos para a extração do óleo, são eles: prensagem hidráulica por batelada; prensagem mecânica contínua (Expeller) e extração por solventes. Sob o aspecto da eficiência, o resultado que obtido é bem inferior se comparado com o método de extração por solvente, podendo ser afetada diretamente pelas condições iniciais dos grãos, pelo teor de umidade, temperatura e por aspectos construtivos da prensa, como o dimensionamento de seu eixo.

A extração mecânica é o processo mais utilizado atualmente para a extração dos óleos vegetais em pequena escala, pois, é um método rápido, fácil e de baixo custo para a obtenção de óleos, transformando-se numa alternativa viável para o pequeno empresário. As sementes que apresentarem cerca de 30% a 50% de óleo podem ser submetidas a extração de óleo em prensas contínuas, chamadas de expeller. Tais prensas são dotadas de uma rosca ou parafuso sem fim que esmaga o material liberando o óleo, neste processo ocorre muito atrito interno que eleva a temperatura do material, do óleo, do equipamento e da torta, podendo ser danoso a extração. As sementes que iremos testar quanto a eficiência da extração mecânica são: mamona, algaroba e algodão. No presente experimento iremos comparar quanto a quantidade de óleo e tortas obtidas de cada uma.

O processo de extração do óleo não é completo, a torta obtida pode apresentar um alto teor de óleo residual, podendo estragar a mesma. Supondo que uma determinada matéria-prima contenha 50% de óleo, ao prensar 100 kg do material não chegará a se obter 50 kg de óleo, mas uma quantidade menor de óleo e uma torta parcialmente engordurada. A eficiência do processo depende do equipamento, das condições do processo e da matéria-prima, também é afetado por parâmetros construtivos da prensa, como dimensionamento do eixo sem fim e da gaiola, pressão aplicada sobre a massa de grãos e também pelo preparo da matéria a ser processada, como a temperatura de prensagem e teor de umidade das amostras (WIESENORN et al., 2001). O óleo obtido por prensagem é bruto, como esses óleos não são refinados formam um precipitado escuro quando aquecido necessitando de outros processos para o seu refino, entretanto, este é o método de extração que causa menos impacto ambiental, já que não utiliza e nem gera produtos e resíduos tóxicos.

A principal função do biodiesel é substituir o óleo diesel usado em automóveis pesados como ônibus e caminhões, tal produto ainda encontra algumas restrições em nosso país, mas atualmente sua produção tem crescido significativamente por causa do programa nacional de biodiesel, com a obrigatoriedade inicial da mistura de 2% ao diesel de petróleo. Fatores naturais do país têm contribuído para uma maior produção de óleo vegetal para este fim, como a posição geográfica privilegiada devido ao clima tropical com muita luminosidade e uma grande disponibilidade territorial, muitos recursos hídricos, originando as mais variadas espécies de vegetais que podem ser usadas na produção do biodiesel, como óleo de girassol, de mamona, de soja, amendoim, de milho, entre outros.

Segundo a Agência Nacional de Petróleo (ANP), em 2008, a mistura de biodiesel puro ao óleo diesel passou a ser obrigatória, entre janeiro e junho de 2008, a mistura foi de 2%, entre julho de 2008 e junho de 2009 passou para 3%, entre julho e dezembro de 2009 houve outro aumento, avançando para 4%, entre novembro de 2014 e fevereiro de 2017 passou para 7% e por fim, em março de 2017 passou a ser 8% em volume. Vemos que existe uma expectativa de próximos crescimentos, seguindo uma tendência mundial do uso dos biocombustíveis, abrindo-se portas para que surjam novos investimentos neste amplo mercado, gerando novos empregos, fazendo a natureza como grande beneficiada através da redução da emissão dos gases do efeito estufa. Um estudo realizado por (R, V, *et al.*, 2005) testando diversas misturas do biocombustível no diesel, encontrou que 20% da mistura de biodiesel no óleo diesel, teve a melhor performance dentre diversas misturas analisadas, sendo que esta obteve um benefício de 2,5% na máxima eficiência térmica e teve substancial redução nos teores de fumaça

A ANP ainda nos fala que os últimos 20 anos foi o período em que surgiram as preocupações no tocante a poluição ambiental e ao aquecimento global, isto incentivou a busca e criação de pesquisas para alternativas ao consumo do petróleo. Surge o biodiesel como carro chefe nesta batalha, e foi introduzido no Brasil por meio de Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), com o objetivo de enraizar a produção do biocombustível de forma sustentável, voltado para a inclusão social acompanhado do desenvolvimento regional.

O presente trabalho de conclusão curso tem como foco principal a avaliação de uma extrusora, já adquirida, do tipo expeller de parafuso único com uso em diferentes oleaginosas encontradas na região do semiárido nordestino, sendo caracterizadas pelos seus teores de óleo

e da umidade contidas nos grãos, e descobrir de que forma esses fatores influenciam na extração da máquina.

## **1.2. Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo geral determinar a eficiência de uma prensa do tipo expeller utilizando diferentes tipos de sementes oleaginosas encontradas no semiárido do Nordeste e desta forma encontrar suas percas durante o processo. Relatar a quantidade resíduos (torta) que cada uma produzirá e ao mesmo tempo apresentar soluções para que praticamente 100 % das sementes sejam aproveitadas. Contribuindo para a preservação da natureza.

## **1.3 Objetivo Específico**

Os objetivos específicos residem realizar testes preliminares na máquina, a extração dos óleos das sementes de mamona, algodão e algaroba, e por fim, pesar a quantidade de resíduo que cada semente produzirá.

## Capítulo 2: Revisão Bibliográfica

### 2.1 Óleos vegetais

Os óleos vegetais são gorduras extraídas das plantas, podendo ser utilizadas além das sementes, seus frutos, suas folhas, suas flores, etc. Possuem as mais variadas aplicações, podendo ser utilizados na indústria alimentícia como na produção de biodiesel.

(DUTRA, PEIXOTO, *et al.*, 2010) Descreveu que o uso dos óleos vegetais nos motores, principalmente nos de combustão interna, apresenta-se como uma excelente alternativa ao óleo diesel, principalmente por ganhos econômicos e ambientais. Visando a geração de empregos em áreas carentes do país, desta maneira, contribuindo de forma significativa para o desenvolvimento social da região. Em sua maioria o óleo vegetal é obtido de sementes de plantas que fornecem matéria gorda (óleos) a partir de suas sementes, conhecidas como oleaginosas que encontraram boa adaptação no nosso país, difundindo-se em praticamente todas as regiões.

No entanto, foi no ano de 1975 que o tomou-se a primeira iniciativa governamental para a utilização dos óleos vegetais para fins energéticos no país, com a criação do plano pró-óleo – Plano de produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos, com objetivo de incentivar a produção de óleo vegetal para a produção do biodiesel, seu carro chefe era o Dendesiesel (biodiesel de dendê).

### 2.2 Biodiesel

O biodiesel é um combustível derivado de fontes renováveis obtido a partir de fontes vegetais (mamona, girassol, soja, dendê, etc.), ou de gorduras animais, conhecidos como biomassa, que misturado com o etanol ou metanol, torna-se um combustível limpo e renovável.

Com a sanção da lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005, houve a implementação do biodiesel na matriz energética brasileira, definindo o biocombustível com da seguinte maneira:

“Biodiesel: biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de

outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil.” (NR).

Em 2004 o Governo Federal criou o Plano Nacional de Uso do Biodiesel – (PNPB) viabilizando o compromisso de sua produção e uso no país, focando na competitividade, na qualidade, na garantia do suprimento e na diversificação das matérias primas. Surgindo como uma forma sustentável, técnica e econômica o uso do biocombustível, com enfoque na inclusão social e desenvolvimento regional, via geração de emprego e renda, incentivando a produção a partir de diferentes fontes oleaginosas, neste sentido, a agricultura familiar assumiu um papel de extrema importância nas cadeias de energias renováveis no país.

No ano de 2005 o governo lançou o Programa Nacional de Desenvolvimento e Tecnológico de Biodiesel, coordenado pelo Ministério da Ciência e tecnologia que, prometeu convidar empresas e instituições do ramo para compor o Pro Biodiesel. O programa focava na otimização, na produção e qualidade do biocombustível no país, o tornando de alta qualidade e competitivo.

As principais vantagens do uso do biocombustível se encontram em sua queima que geram baixos índices de poluição, por substituir o óleo diesel derivado do petróleo tem sido um grande vetor da redução das emissões de diversos poluentes expelidos pela queima de tal combustível (monóxido de carbono, enxofre, etc.) não contribuindo para o aquecimento global, gerando emprego e renda ao homem do campo. Quando produzidos em larga escala o seu custo de produção pode ser menor que os derivados de petróleo corroborando para a diversidade da matriz energética brasileira, contribui para que o país compre menos óleo diesel de países estrangeiros além das vantagens econômicas encabeçadas pelos benefícios sociais.

Segundo (SANTOS, 2014) no VI Congresso Brasileiro de Mamona, destacou que a soja ainda ocupa o primeiro lugar no ranking de oleaginosas para produção de biocombustível no país, com cerca de 80% de participação, a segunda fonte encontra-se no sebo bovino, com 18%, seguida pelo caroço de algodão, com 2%, e as demais oleaginosas utilizadas no país, como canola, amendoim, dendê, mamona, palma e macaúba não possuem participação significativa na produção do biodiesel, representando 0,8% na produção energética do Brasil. Fato comprovado pela alta produtividade de soja no Brasil, assim como a alta produção de bovinos para abate. A solução para o fortalecimento da produção do biocombustível através

das oleaginosas é implementar incentivos a pesquisas tecnológicas de forma a baratear os custos de plantio e colheita das sementes, beneficiando a regiões do país.

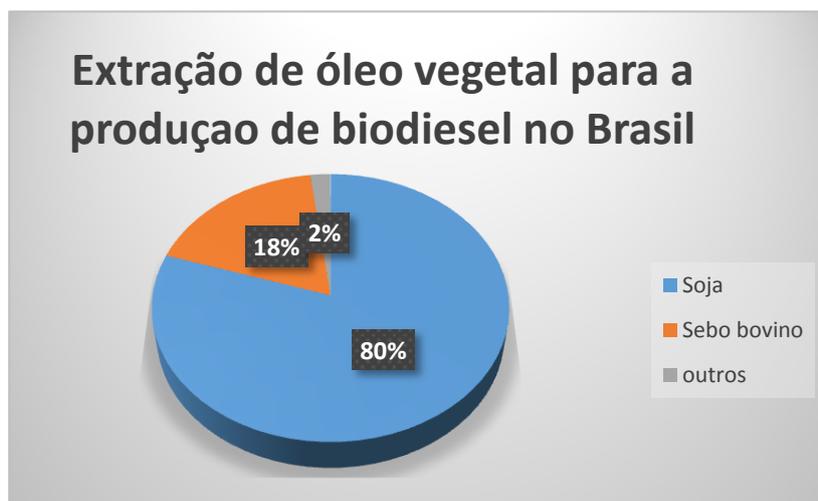


Gráfico 1 – produção de óleo vegetal no Brasil

A lei nº 13.263, de 23 de março de 2016, estabeleceu os percentuais de biodiesel que podem ser misturados ao óleo, segundo a mesma, até 10% de biodiesel pode ser adicionado ao combustível mostrando-se uma alternativa de economia e sustentabilidade.

A principal motivação relacionada a pesquisas de alternativas ao uso do combustível fóssil está principalmente voltada para a consciência ambiental, tornando-se um dos principais meios de redução da emissão de gases poluentes na atmosfera. Desta maneira tem se discutindo bastante sobre tal tema e como esses meios irão refletir na economia, com o apoio de outras fontes energéticas como energia solar e eólica.

### 2.3 Mamona

A mamona (*Ricinus communis* L) é uma das plantas oleaginosas de mais fácil cultivo conhecido no país, também chamada de rícino ou carrapateira. O Brasil é reconhecido como um dos principais produtores de óleo de mamona, mas devido aos poucos avanços na tecnologia e problemas de investimento o país declinou com relação à produção do óleo. Além de ser utilizada como fonte para a produção de combustível, a mamona também possui propriedades medicinais com benéficos analgésicos, cicatrizantes e anticancerígenos.



Imagem 1 – Mamoneira

Ainda não se tem certeza de onde a planta surgiu, estudos informam que provavelmente a mamoneira tenha origem na Ásia ou na África. Seus produtos e subprodutos possuem grande potencial econômico na área industrial de transformação e como fonte energética. A versatilidade do óleo de mamona deve-se à estrutura química do ácido ricinoléico (SAVY FILHO et al., 1999b).

No Nordeste em praticamente todos os estados a planta conseguiu uma grande proliferação principalmente por fatores climáticos, pois, deve ser cultivada com direta exposição ao sol, possui grande resistência ao estresse hídrico e necessita de baixa umidade. Esses fatores contribuem para a grande adaptação da planta ao semiárido nordestino, além de sua grande extensão territorial para o plantio. Tal fato tomou grande importância para a região, pois, no semiárido, os agricultores dispõem de poucas alternativas de cultivo que sejam resistentes à seca e que contribuam para a geração de renda.

A mamona é ambientalmente renovável, todas as partes da planta podem ser reaproveitadas. No ano de 2004, com o lançamento do Programa Nacional de Produção e uso de Biodiesel – PNPB, teve a mamona como carro chefe do programa, as medidas foram tomadas visando à geração de emprego e renda para famílias do semiárido nordestino implementando projetos no manejo do vegetal, entretanto, a realidade é outra, hoje em dia encontramos locais pontuais na região Nordeste onde ainda se mantém no cultivo desta planta.

Seu óleo possui as mais variadas aplicações, como nas indústrias químicas, de biodiesel, de colas e aderentes, tintas de impressão e vernizes, nylon e matéria plástica, lubrificantes de motores de alta rotação, fertilizantes orgânicos, ou seja, atua em múltiplos setores, tornando-a em uma joia para o homem do sertão.

Informações de bastante importância foram compartilhadas no VI Congresso Brasileiro de Mamona, realizado na cidade de João Pessoa em 2010, onde foi discutido o caminho que a Índia tomou para se transformar no maior produtor mundial de mamona do mundo. Segundo (SANTOS, 2014) no ano de 1960, o Brasil detinha cerca de 80% do mercado mundial de mamona, enquanto que a Índia detinha apenas 20%, a pesquisadora indiana Kammili Anjani do diretório de Pesquisas Oleaginosas – DOR, principal instituição de pesquisa de mamona no país, comentou sobre os principais fatores que contribuíram para alavancar a Índia como maior produtor mundial da planta, foram o clima de seu país que é viável para sua cultura e principalmente o investimento governamental no melhoramento genético da planta e como resultado de seus esforços obtiveram plantas com características diferentes adaptadas para cada diferente região do seu país.

## 2.5 Algaroba

A algarobeira (*Prosopis juliflora* (S) DC) foi introduzida no Nordeste brasileiro na década de 60, com a finalidade de auxiliar o fornecimento de alimentos aos animais no período da seca, assim como na produção de sombras.

Não há grandes cultivos da planta, tendo em vista que a mesma apresenta fácil disseminação das sementes, principalmente nos esterco bovinos e devido a este fato encontramos a encontramos com bastante facilidade e em grandes proporções. Segundo (RIBASKI, DRUMOND, *et al.*, 2009) o potencial para reflorestamento da algaroba está em suas características peculiares, como resistência a seca e produção de madeira de alta qualidade, estacas, lenhas, carvão, produz boas sombras para a criação de animais, além da alta produção de vargem para os mais diversos fins.

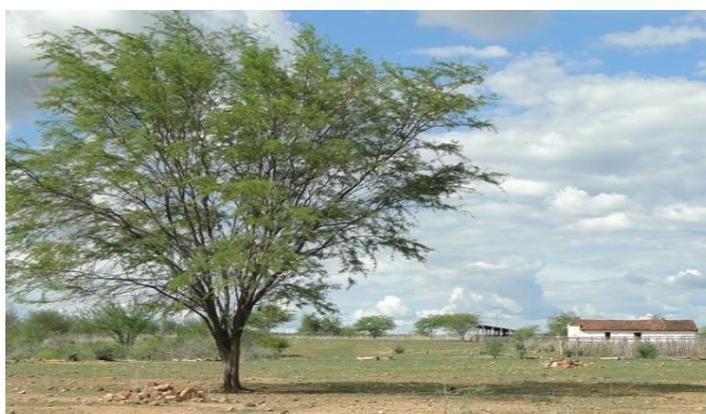


Imagem 2 – Algarobeira

Suas vargens podem ser utilizadas das mais variadas aplicações e dentre elas a sua principal função que é o auxílio da dieta dos animais, entretanto, devido possuírem algumas características peculiares como: sacarose e outras substancias que quando transformadas em farinhas podem ser utilizadas para a fabricação de bolos, pães, biscoitos, mel, sopas etc., com alto valor nutritivo podem ser tranquilamente adaptadas a dieta humana. A algarobeira possui uma madeira de excelente qualidade, principalmente no que se diz respeito à construção civil obedecendo aos padrões de exigência deste setor. Na indústria é aproveitada para a produção de álcool, bebidas (aguardente, licor, vinho, café, vinagre), além do óleo para a produção do biocombustível.

Pesquisadores paraibanos conseguiram descobrir uma inovadora aplicação para essas sementes, a produção de biodiesel. Segundo (GOLVEIA e MATA, 2007) “É possível extrair cerca de 260 litros de álcool por tonelada de algaroba, enquanto a média da cana-de-açúcar é de 90 litros por tonelada. ” Demonstrando o grande potencial de renda para agricultores do semiárido brasileiro, tendo em vista que da planta praticamente tudo pode é aproveitado.



Imagem 3 – Vargens de algaroba

Esta não é uma planta nativa do semiárido brasileiro, devido a condições climáticas possui grande proliferação, a competitividade da planta com as espécies nativas da região tem se tornado um grande problema ecológico, pois, em alguns casos a mesma tem ganhado vantagem levando-se a espécies nativas próximas a extinção como a oiticica e a cabreira, arvores nativas importantes para a vegetação do sertão.

## 2.6 Sementes de algodão

Não é de hoje que a humanidade possui as técnicas de cultivo do algodão, na América especificamente no Peru os povos Incas já manipulavam a planta, os índios no Brasil utilizavam o algodão bem antes do descobrimento do país, mundialmente a produção do algodão é destinada a produção da fibra têxtil. Recentemente algumas questões foram levantadas com o intuito de reaproveitar estas sementes e de que forma tais medidas poderiam contribuir para a humanidade e meio ambiente.



Imagem 4 – Sementes de algodão

É caracterizada por ser uma planta de cultivo em climas quentes, especialmente não suporta o frio, exige verões longos com bastante umidade para sua melhor performance. É a planta de aproveitamento mais completo e que oferece os mais variados produtos de utilidade para o ser humano. Os estados de maior produção do algodão no Brasil são: Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo, Paraná e Minas gerais. Seu cultivo exige mão-de-obra numerosa, criando a possibilidade da geração de muitos empregos durante seu manejo.

Atualmente a extração de óleo das sementes de algodão não está voltada para a produção do biocombustível, seu principal é focado na culinária. Segundo a revista (BIODISELBR, 2007) a coordenadora de projetos do Polo Nacional de Biocombustíveis da Universidade de São Paulo (USP), Catarina Rodrigues Pezzo, informa que o biodiesel mais viável é o do caroço do algodão. Tendo tomado por base uma análise comparativa entre as regiões do país quando levado em consideração os custos envolvidos no processo. Sua análise baseou-se nas diferentes matérias primas que cada região possui, a exemplo da região Sul, caracterizado pela produção de biodiesel a partir do óleo de girassol e soja, comparando-se a produção de biodiesel em suas respectivas regiões, constatou-se que o biodiesel mais viável e barato produzido no Brasil é o do caroço de algodão produzido na região Nordeste, com o custo de R\$ 0,81 o litro. O óleo de caroço de algodão é o terceiro com maior produção no

mundo mesmo a semente possuindo o baixo teor de gordura saturada, dele também se extraem óleos para usos industriais, como lubrificantes, matéria prima para fabricação de margarina, sabões e graxas.

Tem-se a torta como resíduo da prensagem dos caroços sendo utilizado para algumas aplicações, tal quais, ingredientes para rações de gado ou como adubo orgânico, os restos das plantas são utilizados para a alimentação dos animais em geral. Da planta, 40% é fibra e 60% são formados pelo caroço, a fibra é vendida para a indústria têxtil, do caroço extrai-se o óleo, encontrando no biocombustível um nicho de mercado, para o produtor está é uma ótima oportunidade de negócio já que a cultura da planta apresenta altos custos.

A qualidade do óleo de algodão depende principalmente da qualidade da semente, no nosso país existem processadores que utilizam apenas sementes de algodão através da prensagem mecânica, obtendo-se óleo bruto de melhor qualidade atingindo um rendimento máximo de 70%, entretanto, precisa ser refinado para a extração de um pigmento chamado gossipol, que é de natureza toxica ao ser humano quando utilizado para fins alimentícios.

Segundo a revista (BIODIESELBR, 2006), o óleo de algodão possui uma grande vantagem com relação ao de soja, tendo em vista que ambos possuem quase a mesma disponibilidade de plantio, a principal diferença entre as duas é que a soja está diretamente relacionada ao indústria alimentícia no país enquanto que o caroço de algodão na maioria dos casos não são aproveitados, em consequência disto o óleo de algodão ocupa um lugar de destaque no Brasil, ocupando atualmente o terceiro lugar entre as matérias primas que são mais utilizadas para a produção do biodiesel. São por essa e outras características que o caroço de algodão tem se destacado neste ramo e uma das principais vantagens do óleo de algodão é o custo da matéria-prima que é bastante baixo, simplesmente pelo fato de não tirar o foco principal da agricultura de algodão que é a produção têxtil, reduzindo desta maneira os custos de seu cultivo, tornando-se uma boa fonte de renda secundária ao produtor.

A revista (BIODIESELBR, 2006) nos fala que “o algodão tem a desvantagem de ter baixo teor de óleo por caroço, entre 16% e 26%. Muito abaixo do rendimento do pinhão-manso, por exemplo.” Em termos de produção de biodiesel esta informação não nos preocupa devido à alta produção de algodão no país, o país pode ganhar espaço no melhoramento das tecnologias abarcadas na prensagem dos caroços, no plantio, na colheita, no cultivo e no melhoramento genético, visando à obtenção de maiores eficiências tanto na qualidade do óleo como na planta em si.

Praticamente nada na produção do óleo do caroço do algodão se perde seus subprodutos como a torta, o farelo e as casas, são utilizados principalmente para a ração animal.

### 3.0 Extrusão

Extrusão é um processo de conformação mecânica no qual o material sofre uma redução da área transversal através da aplicação de pressões elevadas exercida por um êmbolo, forçando o material a escoar através de uma matriz, causando deformação plástica no material. Em outras palavras, este processo consiste em forçar a passagem do material que se extrudará através do orifício de uma matriz.

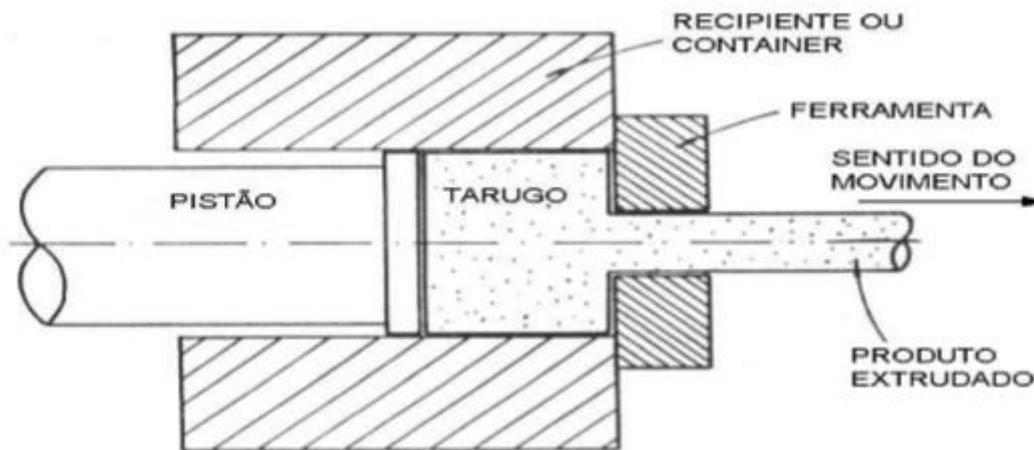


Figura 1 – Esboço do processo de extrusão

Existem vários tipos de extrusão, entre elas estão às extrusões diretas, indiretas, hidrostática, lateral, por impacto, a quente, a frio, extrusão de polímeros, a sopro e por injeção. Suas aplicações abrangem praticamente todos os ramos do mercado, como na construção civil, na indústria automotiva, indústria moveleira, indústria eletroeletrônica, na indústria metal mecânica, indústria naval, indústria aeronáutica, de plásticos e alimentícia. Este processo está diretamente ligado ao nosso bem-estar e é aplicado nos mais diversos campos do nosso cotidiano influenciando diretamente na nossa qualidade de vida.

Em 1797 teve-se uma das primeiras utilizações da máquina extrusora para a manufatura sendo utilizada para fabricação de tubos de chumbo, no ano de 1900 com o surgimento de novas tecnologias o processo tornou-se de nível industrial e entres os anos de 1939 e 1945 era utilizada para a produção de perfis para componentes da indústria aeronáutica.

Segundo (BURIELO e SPINA, 2015) para que o processo da linha obtenha um bom rendimento teria que ser feito de maneira contínua observando-se as paradas, pois, podem influenciar na queda da produtividade do processo podendo causar endurecimento do material

em processamento na extrusora, ocasionando uma limpeza do parafuso e conseqüentemente uma nova partida.

Este processo possui algumas variáveis, como o atrito entre o material e as paredes do cilindro, provocando calor e afetando de maneira significativa o desenvolvimento do processo; a velocidade que o processo atinge, ligado diretamente a velocidade do pistão e para o fim a redução de secção imposta pela matriz, afetando de maneira significativa a força necessária à operação.

### 3.1 Extrusora de rosca simples

Dar-se a invenção da extrusora ao matemático, físico e inventor Grego Arquimedes, utilizada até hoje para os mais diversos fins. A prensa extrusora consiste em um eixo helicoidal montado sobre rolamentos que lhe dão sustentação. O giro do parafuso é o responsável pelo avanço do material, que através de reduções de área exerce uma diferença de pressão transformando as sementes em um fluxo massa, composto por substrato de semente e óleo vegetal. A rotação do eixo helicoidal cria forças axiais e radiais sob as sementes que se encontram dentro do cilindro, a pressão a que estão submetidas é a responsável por romper as paredes das sementes fazendo com que seja liberado o óleo, o atrito é um fator inerente a este processo promovendo o aquecimento do material extrudado

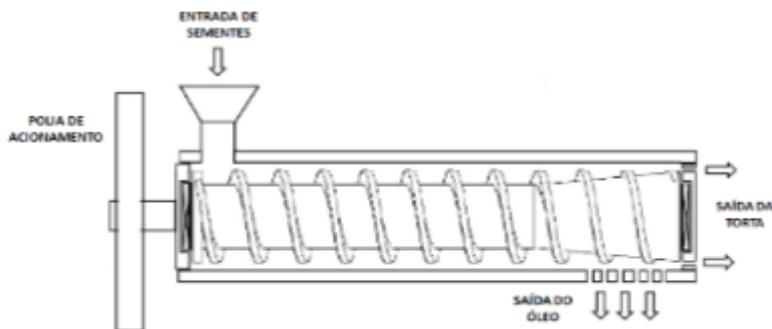


Figura 2 – representação esquemática do funcionamento de uma extrusora.

Dar-se a Joseph Bramah em 1795 a invenção da extrusora para a indústria, usada inicialmente para a fabricação de tubos de chumbo como foi dito anteriormente. Em 1845 Henry Beley e Richard Brooman inventaram as primeiras extrusoras que operavam de forma intermitente.

A extrusora de rosca única (monorrosca) é utilizada nos mais variados ramos da indústria é mais largamente aproveitada para misturas, extração de óleos, homogeneização e

transporte de polímeros, (BURIELO e SPINA, 2015) nos fala, “Geralmente, as simples possuem ângulos de hélice em torno de 17°, tendo o passo valor próximo ou igual ao diâmetro, à chamada rosca de passo quadrado”.

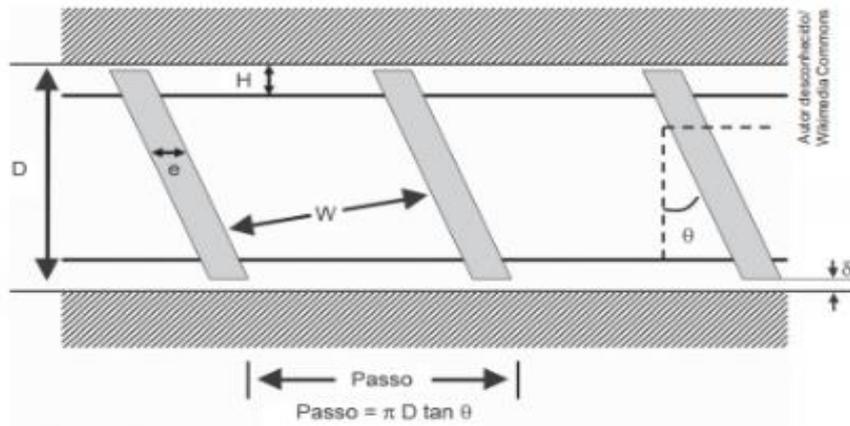


Figura 3 – Corte de uma rosca extrusora, D = diâmetro da rosca; H = altura do canal; W = largura do canal; e = espessura do filete;  $\theta$  = ângulo do filete e  $\delta$  = folga do filete.

Alimenta-se a extrusora com componentes sólidos, (BURIELO e SPINA, 2015) fala que “A rosca é suportada pela extremidade presa a um sistema de acionamento em que um motor elétrico (de corrente contínua) faz girar a rosca via uma caixa de engrenagens reductoras. Um mancal de empuxo axial mantém a rosca centralizada dentro do cilindro”.

### 3.2 Componentes da Extrusora

A máquina é composta por vários componentes, cada qual com sua função específica de modo a manter um bom funcionamento e promover a extração com maior eficiência e qualidade do produto, tal qual mostra o esquema da figura a baixo.

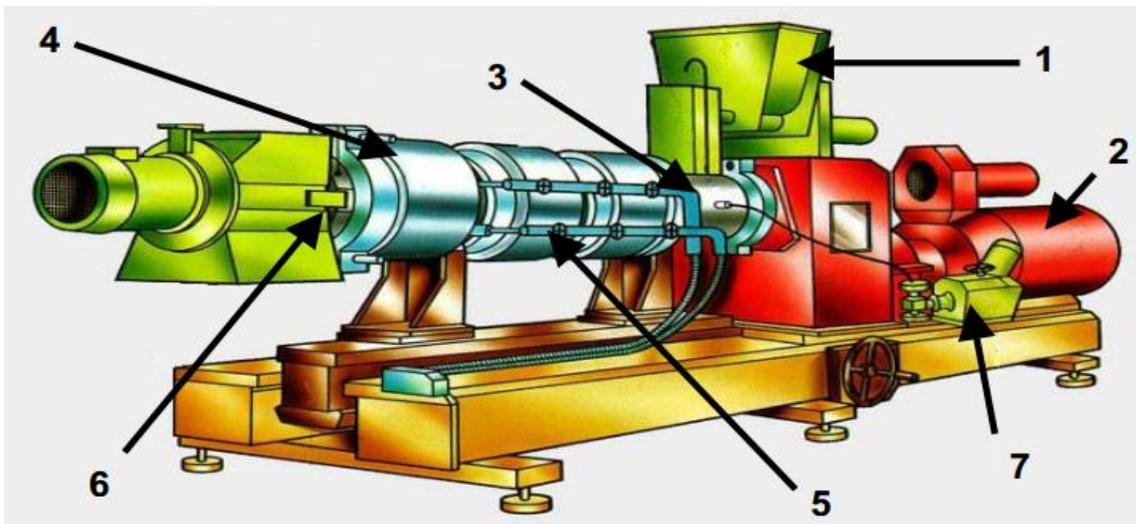


Figura 4 – Esquema da extrusora

- 1 – Funil de alimentação;
- 2- Motor de acionamento do parafuso;
- 3 – Barril da extrusora;
- 4 – Elementos de aquecimento do barril;
- 5 – Sistema de resfriamento do barril;
- 6 – Matriz da extrusora;
- 7 – Bomba de água.

A indicação da velocidade para o uso da extrusora é utilizá-la na velocidade que acarrete maior eficiência ao processo, a velocidade máxima assume este papel. Em termos de análise teórica focaremos apenas nos estudos dos fenômenos que ocorrem no funil de alimentação, no barril (canhão), no parafuso ou rosca (situado no interior do barril), nos elementos aquecedores do barril e da matriz.

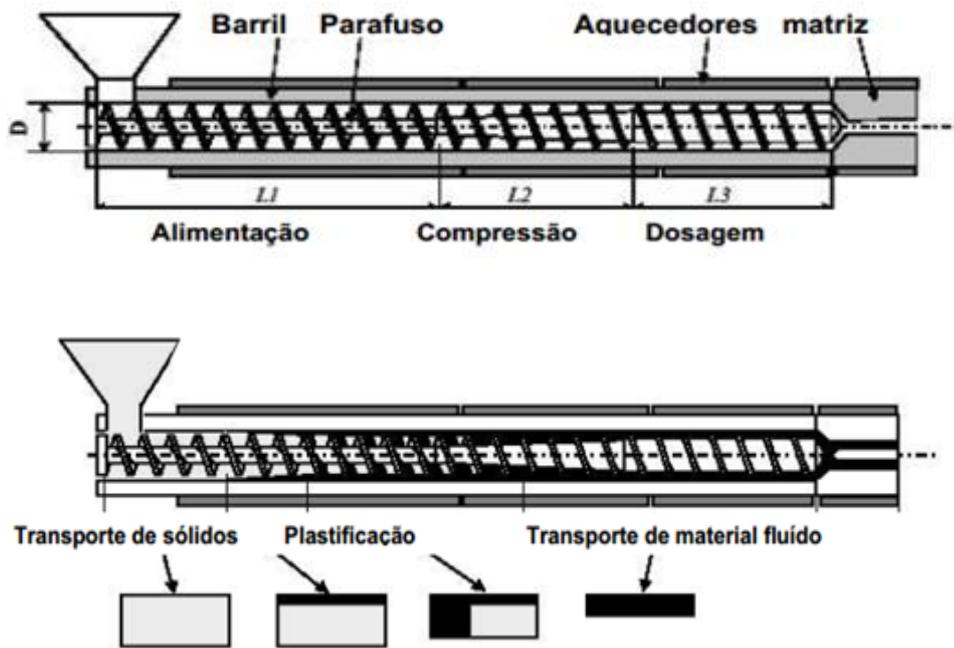


Figura 5 – Zonas funcionais da extrusora

A figura acima mostra as diferentes seções que o parafuso principal da extrusora é dividido, normalmente são partes fixas e referem-se às diferentes partes do parafuso, conhecidas como: seção de alimentação; seção de compressão e seção de dosagem. As zonas funcionais da extrusora são: zona de transporte sólido, zona de plastificação e zona de transporte de fluido.

A qualidade do produto tem influência direta com essas seções geométricas, sendo fundamentais no transporte, aquecimento e mistura. Na alimentação o canal é constante, nas seções seguintes o parafuso cresce uniformemente, promovendo o aquecimento do parafuso tendo importância na variação da massa específica do material em função da mudança de fase que o material sofre durante o processo. Na seção de dosagem a altura do canal é constante e menor que a seção de alimentação, tendo por função homogeneizar o material plastificado.

### 3.2.1 Motor

Parte essencial do processo, responsabiliza-se pela movimentação da rosca, encontramos geralmente motores elétricos de alimentação trifásica, nosso motor possui as seguintes características: 22 KW de potência, com uma velocidade de 1470 rotações/min. Segundo (BURIELO e SPINA, 2015) é possível dimensionar a potência do motor de forma

empírica fazendo com que o mesmo consiga atingir as solicitações esperadas. Informa ainda que para cada 5 a 10 kg do material extrudado por hora, ao motor deve ser acrescentado 2 HP, por exemplo, se num determinado dia fosse necessário extrudar 200 kg/hora, o motor deve ter aproximadamente cerca de 40 a 80 HP.



Imagem 5 – Motor da extrusora

Um fato bastante útil ao projeto é a velocidade de rotação da rosca, a produção depende diretamente de sua velocidade, de maneira que um aumento percentual na velocidade da rosca é proporcional a produção. (BURIELO e SPINA, 2015) Nos fala “não pode haver flutuação na velocidade da rosca sob o risco de se ter mudança na composição do material da peça, ou na homogeneização do composto. Também pode provocar o aparecimento de defeitos na peça, o que pode inviabilizar sua venda, tendo então que ser reprocessado”, e no nosso caso, podendo-se levar a um óleo de menor qualidade, baixando a eficiência do processo.

De forma geral, para que se consiga alterar a produtividade de um processo, basicamente precisamos realizar mudança na velocidade de giro da rosca, podemos fazer isto de duas maneiras diferentes: usando um motor de velocidade variável, ou utilizando um motor de velocidade constante acoplado a um caixa redutora controlando sua velocidade.

### **3.2.2 Caixa de redução**

Responsável pela transmissão de esforços e movimentos, sofrem pressões de contato elevadíssimas e severos deslizamentos na zona de contato dos dentes e dos elementos transmissores do movimento, é importante manter a caixa de redução sempre lubrificada para evitar inconvenientes no processo, como elevação da temperatura e perda de eficiência. A relação de velocidade e torque em sistemas mecânicos dar-se da seguinte maneira: quanto

maior a velocidade do sistema, menor o torque, ou seja, apresentando menor força na rosca. No nosso caso é importante mantermos o torque para que se consiga atender aos esforços inerentes do processo de extrusão.



Imagem 6 – Caixa de redução

As manutenções na caixa de redução da extrusora não são muito comuns, (BURIELO e SPINA, 2015) fala que “vale ressaltar que a caixa de redução não requer manutenções muito específicas, tendo somente que se fazer manutenções periódicas e sempre verificar o nível de óleo do sistema para evitar o travamento da rosca”. Mesmo sendo periódica, a manutenção é indispensável para o sucesso do sistema evitando-se problemas maiores e o atraso da produção.

### **3.2.3 Parafuso da extrusora**

O tipo mais comum de parafuso usado na extrusão é o ‘barreira’ e sua principal característica se encontra no filete que o divide em dois canais distintos, o primeiro chamaremos de canal sólido e o segundo de canal de líquido, outro aspecto de relevância é que o canal de sólido se reduz ao longo do parafuso, enquanto que o canal dos líquidos aumenta, no final da seção do parafuso o canal de sólido desaparece, justamente para haver a compressão do material que se quer extrudar.

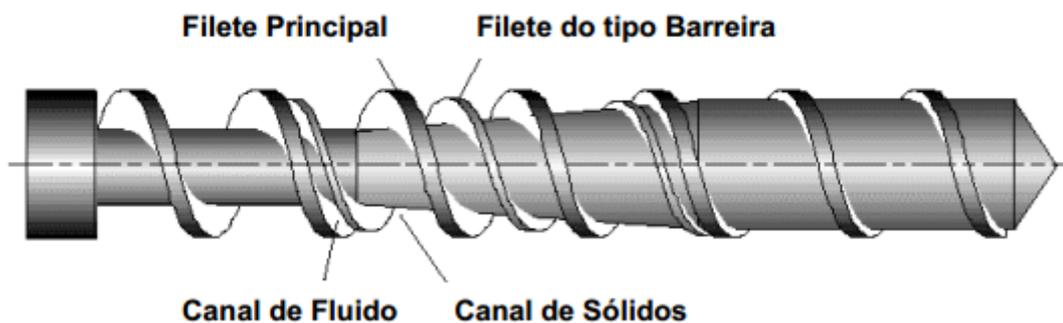


Figura 6 – Parafuso da máquina, tipo barreira.

Segundo (BURIELO e SPINA, 2015) a rosca constitui a única parte móvel do sistema e é considerada como o coração da máquina, possuindo um papel fundamental no processo por meio da sua rotação, iniciando-se na goela até a saída na matriz. O passo da rosca constitui-se como um parâmetro de grande importância para o processo de extrusão e convencionou-se como a distância entre os dois filetes consecutivos, medindo-se sempre na mesma face do filete.

Seguindo-se o parafuso, observamos que o mesmo possui uma variação de diâmetro, normalmente dividimos a rosca em três partes distintas: a zona de alimentação, zona de homogeneização (compressão) e zona de dosagem. A zona de alimentação dá início ao processo e está localizada na parte inicial da rosca, enquanto que a zona de dosagem representa a parte final da rosca.

A razão de compressão é um dos fatores de maior importância do processo, é definida como a razão de altura do canal da seção de alimentação pela altura da seção do canal de dosagem. Materiais que apresentam maiores dificuldades para plastificarem apresentam parafusos com razão de compressão maior. Uma razão de compressão grande se justifica pela dificuldade em que a máquina terá de extrudar o material, portanto, devemos utilizar máquinas com a razão de compressão grande para processamento de materiais duros.

$$Rc = \frac{Ha}{Hd} \quad (1)$$

Onde:

Rc = Taxa ou razão de compressão (adimensional);

Ha = Altura do canal da rosca na zona de alimentação;

Hd = altura do canal da rosca na zona de compressão.

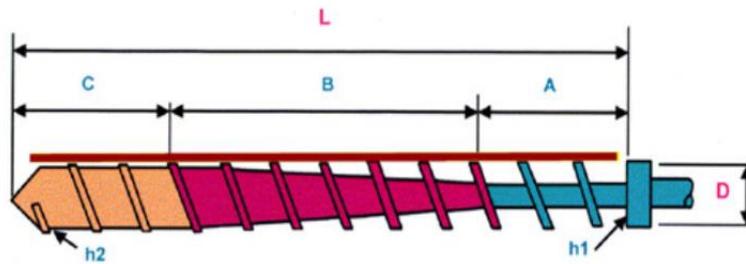


Figura 7 – Esboço da razão de compressão

Obtivemos as medidas da altura do canal da rosca na compressão e alimentação que respectivamente  $H_d = 135$  mm,  $H_a = 279$ , aplicando –se a equação 1, portanto, a razão de compressão da extrusora é  $RC = 2,06$ , o que se caracteriza como aceitável, pois, corresponde a baixa compressão, enquanto que  $RC = 4$  corresponde a alta compressão, tais justificativa foi dada porque estamos trabalhando com materiais que não possuem elevada dureza, portanto não precisamos de tanto esforço para a realização de sua função.

A taxa de compressão nos informa que o filete da zona de alimentação é duas vezes mais profundo que na zona de dosagem. Concluindo-se que é um bom parâmetro devido a sua aplicabilidade, pois, a massa passará sem muita dificuldade na zona de dosagem para completar o processo. Se tivéssemos uma razão de compressão grande, ou seja, a entrada grande de material e uma saída pequena, o material seria forçado a passar com mais dificuldade pela ponta da rosca tendendo a queimar facilmente por causa do atrito gerado.

### 3.2.4 Mancal de apoio

Mancais são elementos de máquinas utilizados para o apoio de eixos. Para que se consiga realizar a operação com sucesso e a rosca possa exercer a sua função, fixa-se a rosca em um mancal auxiliando na transmissão de movimentos advindos da caixa de redução para o parafuso, também possui função de suportar a pressão exercida pelo material da rosca durante a execução do processo.

É importante que se escolha um material adequado para o mancal que deva ter resistência suficiente para suportar os esforços aplicados sobre o mesmo e entende-se que se o mancal não for resistente o suficiente, falhará. Um dado importante sobre estes esforços foi informado por (BURIELO e SPINA, 2015) que nos fala “extrusora de roscas com 100 mm de diâmetro, que estão sofrendo uma pressão de 30 Mpa, têm uma força de recuo de 235 kN”.

O formato desses mancais nos chamam a atenção pelo fato de ser cônico, ajudando a distribuir a força sobre a superfície da peça e desta maneira sendo uma alternativa de aumento de resistência.



Figura 8 – Mancal de apoio

### 3.2.5 Funil de alimentação

A principal aplicação do funil de alimentação é o recebimento do material para direcioná-lo ao barril ou canhão. Seu formato normalmente é cônico com a função de facilitar na entrada o contato do material que será extrudado com o parafuso da máquina, é localizado sobre o cilindro, procurando manter a entrada de material aproximadamente constante.



Figura 9 – Funil de alimentação

O tipo de alimentação mais utilizado neste tipo de extrusora é a alimentação por afogamento, no qual o funil simplesmente direciona o material até a entrada da goela (furo na parede do canhão, permite a entrada adequada do material), ou seja, o material entra a medida que a rosca gira, desta maneira se houver flutuação na velocidade do parafuso a quantidade de material que será extrudado também mudará. Podemos concluir que na alimentação por afogamento a velocidade da rosca é quem determinará a produtividade, pois quanto mais

rápido gira, mais material pode ser captado. Além disso, a produtividade da máquina também poderá ser melhorada em função de outros parâmetros, como o tratamento adequado das sementes, a correta lubrificação da máquina, manutenções periódicas e maior razão de compressão.

### **3.2.6 Cilindro, canhão ou barril**

Cilindro ou canhão de uma extrusora é basicamente um canal construído dentro de um cilindro metálico por meio de usinagem no qual deverá conter uma rosca que ficará alojada internamente ao mesmo, o material deverá ter resistência suficiente para suportar as agressões advindas da extrusão, as temperaturas elevadas e ao desgaste do processo gerado naturalmente pelo atrito.

Suas paredes devem ter espessura adequada para suportar as altas pressões do processo. Segundo (BURIELO e SPINA, 2015) para que o cilindro resista ao desgaste gerado principalmente pelo atrito, deverá ser instalado um cilindro interno de metal duro como se fosse uma espécie de camisa, ou apenas um revestimento interno feito em uma liga de aço especial para os mesmos fins, possuindo um elevado grau de dureza protegendo a superfície interna de possíveis desgastes prematuros aumentando também a sua resistência a corrosão.

Uma maneira de reduzir a temperatura gerada naturalmente no processo é a inserção de ranhuras na sua superfície, com a intenção de aumentar a área superficial do cilindro, promovendo desta maneira uma maior troca térmica no processo.

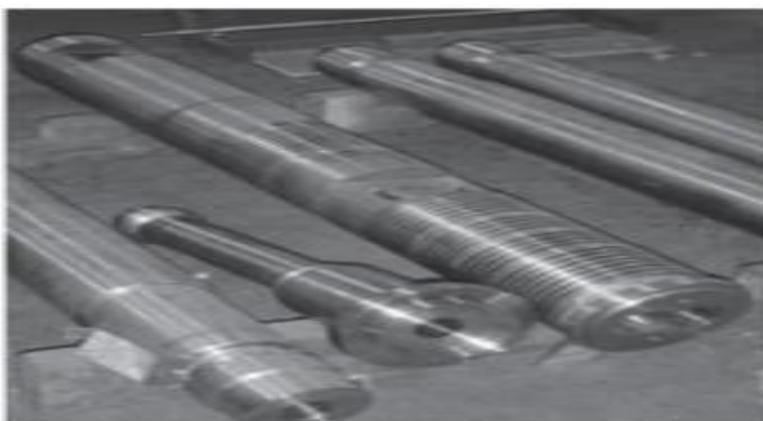


Figura 10 – Canhão da extrusora

### **3.3 Transporte de sólidos na extrusora**

Como já foi dito anteriormente o transporte de sólidos acontece de maneira que o material percorra toda a extensão da rosca, o material passa por diferentes estágios e tendo-se

em vista como o mesmo se comporta, dividiu-se o parafuso em três regiões distintas, para simplificar o entendimento dos processos essas regiões são conhecidas como: zona de alimentação, de homogeneização e de dosagem.



Figura 11 – Transporte de sólidos na extrusora

### 3.3.1 Zona de alimentação.

Classifica-se como o estágio inicial do processo de prensagem mecânica. Geralmente possui os canais de rosca profundos se adequando a alimentação da extrusora com o material que se quer processar, com a intenção de aquecer o material bem próximo a zona de fusão e em seguida transportá-lo para a próxima zona.

Em suma, seu principal objetivo é o transporte de material, embora possa aquecer um pouco, o que inicialmente é benéfico para o processo. Seu transporte ocorre do fundo do funil de alimentação até a zona de compressão de maneira que o material com que se está trabalhando deva requerer um certo grau de deslizamento com a superfície do canal e baixo grau de cisalhamento com a superfície do cilindro. Existem certas condições em que a eficiência desta zona aumenta, sendo obtido por:

- Canal relativamente profundo, se comparado as outras zonas, com a finalidade de transportar;
- Baixo atrito entre ângulos e parede do cilindro, não deve ocorrer fusão da resina;
- Ângulo helicoidal adequado,  $20^\circ$  - para intensificar o transporte.

O giro da rosca que promoverá o arraste do material, como comentado anteriormente, é interessante que se trabalhe no projeto para que se reduza de forma eficiente o atrito interno no momento do transporte.

### 3.3.2 Zona de compressão

A zona de compressão, transição ou plastificação é o local do filete vai reduzindo-se gradativamente no parafuso, o processo de fusão do material ocorre nesta zona devido a temperatura, pressão e cisalhamento do material sólido, ao mesmo tempo em que ocorre a homogeneização do material, entregando o mesmo no estado viscoso na zona de dosagem.

Tadmor (1966) foi o primeiro a desenvolver modelos matemáticos que pudessem descrever esta zona para uma extrusora de parafuso único, Tadmor dividiu a zona estudada em dois estágios. O primeiro, refere-se as primeiras partículas sólidas que se plastificam quando em contato com o barril aquecido, desta maneira, formando uma finíssima camada de fluido bem próximo a superfície do barril. O segundo estágio é referente ao crescimento dessa camada até que se consiga escoar para os canais do parafuso, formando uma região de fluido próximo ao filete do parafuso, e a partir daí o processo de plastificação progride, e tem seu fim quando todo o canal seja preenchido com fluido, a representação deste processo é mostrada na figura a baixo.

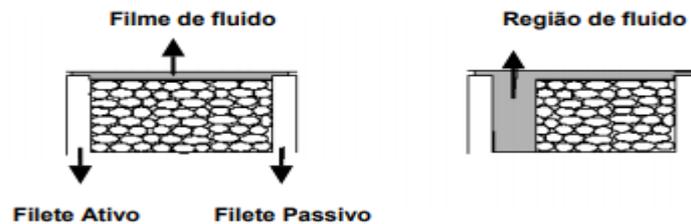


Figura 12 – Mecanismo de Tadmor

### 3.3.3 Zona de dosagem

Zona de dosagem ou zona de transporte de fluido, compreende a região em que o material já em seu estado líquido escoar através dos canais do parafuso e em seguida encontra a matriz que se situa na saída da extrusora, torna o fluxo de material uniforme e regular, pois ele sai turbulento da zona de compressão.

Esse transporte acontece principalmente devido a diferença de pressão entre a entrada e a saída da matriz, a vazão na matriz é proporcional ao aumento de pressão no parafuso, por exemplo, a vazão aumenta quando a pressão na entrada da matriz aumenta, por outro lado, diminui quando a pressão na saída da matriz diminui.

Uma característica da zona de dosagem é a altura de canal que é bem menor que a altura do filete é bem que resto do parafuso, sua altura reduzida com o objetivo de

homogeneizar o material no estado viscoso e entregá-lo ao cabeçote com vazão e pressão constante.

## Capítulo 4: Metodologia de Pesquisa.

Segundo (SEVERINO 2000) a metodologia é um conjunto de métodos ou caminhos percorridos na busca do conhecimento. Processos norteadores para a busca do conhecimento seguindo-se um conjunto de procedimentos sistemáticos fundamentados no raciocínio lógico, objetivando encontrar soluções para problemas propostos, mediante a utilização de métodos científicos.

O fator motivador para a pesquisa baseia-se no uso desenfreado dos combustíveis fósseis e no aumento da utilização do biodiesel na nossa atual matriz energética. Possuindo dois pilares principais: a natureza e a economia voltada para a região Nordeste. O objetivo inicial deste trabalho foi realizar a comparação dos óleos que uma máquina extrusora de parafuso único (tipo expeller) conseguiria extrair para diferentes tipos de sementes oleaginosas, realizar a comparação entre a quantidade de resíduo (torta) que cada qual gera para que desta forma possamos encontrar a eficiência da máquina, quanto a relação mássica, e após calcular uma segunda eficiência quanto a extração de óleo.

Utilizaremos uma equação de balanço de massa para conseguir quantificar a eficiência da extrusora.

$$\dot{M} = M_{\text{óleo}} + M_{\text{torta}} \quad (2)$$

A equação acima nos informará sobre as perdas advindas do processo de extrusão, pois, teoricamente a massa que entra é a mesma que sai. Para conseguirmos encontrar a massa de óleo é preciso que apliquemos uma outra relação na qual envolva duas grandezas diferentes, a massa e o volume. Para que se consiga realizar este procedimento é preciso que encontremos as massas específicas dos óleos de cada semente e em seguida multiplicarmos pela quantidade de óleo que obtivemos no experimento em litros. De acordo com (BRANDÃO, MACHADO e SUAREZ) as densidades dos óleos encontram-se na seguinte tabela:

<b>ÓLEO</b>	<b>DENSIDADE</b>
Óleo de algodão	0,923 g/cm <sup>3</sup>
Óleo de Girassol	0,891 g/cm <sup>3</sup>
Óleo de Mamona	0,951 g/cm <sup>3</sup>

Tabela 1 – Densidade dos óleos

Usando os dados da tabela a cima, podemos chegar a massa do óleo obtido, usando a seguinte equação:

$$M_{\text{óleo}} = \rho \cdot Q_{\text{obtido}} \quad (3)$$

Para usarmos a equação anterior é importante que a unidade da densidade seja em Kg/Litro, para se chegar nesta unidade basta dividirmos o valor da unidade correspondente para o óleo por 1000.

Para a análise da extração do óleo usaremos uma equação que envolva a quantidade de óleo que seria colhido sem percas durante o processo (ideal) e a quantidade real que foi obtida.

$$\eta = \frac{Q_{\text{real}}}{Q_{\text{ideal}}} \quad (4)$$

#### **4.1. Sobre as sementes**

As sementes oleaginosas foram tratadas da seguinte maneira: primeiramente foram expostas ao sol para realizar a secagem inicial, passaram três dias expostas ao sol para que se reduza sua umidade. Em seguida foram retiradas todas as partículas solidas que podem ter influência no processo, e por fim, armazenou-as em um local adequado para que fossem evitadas as contaminações.

#### **4.2. Sobre a máquina**

A extrusora estava parada havia bastante tempo, seu parafuso principal (eixo de rotação) estava obstruído devido a resíduos que sobraram de extrusões anteriores, com a característica de forte aderência ao parafuso, apresentando-se como fator de dificuldade inicial. Teve-se o cuidado de desmontar parafuso por parafuso da grade, colocando-os

embebido a óleos para que os mesmos não sofressem ação da ferrugem, pois, sabíamos que necessitávamos de muito tempo para a limpeza. Em seguida retiraram-se as grades superior e inferior com o auxílio de uma girafa para que o trabalho fosse realizado com mais facilidade, como mostra a imagem a baixo.



Imagem 7 – Desmonte da extrusora

Passaram-se exatamente duas semanas para que a máquina fosse totalmente desmontada e limpa, pois havia poucas pessoas para o trabalho e tínhamos dificuldades em desobstruir o parafuso. Durante o processo fez-se a limpeza do fuso lubrificando-o, a máquina foi remontada com certa dificuldade, pois, sua grade inferior deu bastante trabalho para que pudesse ser encaixada devido à pouca experiência da equipe, a imagem a seguir demonstra a máquina após a montagem.



Imagem 8 – Extrusora montada e limpa

Para se tomar ciência se o equipamento estava em plenas condições, fizeram-se alguns testes e pudemos concluir que a máquina funcionava perfeitamente, desta forma estávamos aptos a realizar o experimento.

### 4.3. O primeiro experimento

Ligou-se a máquina e a deixamos operar por alguns minutos para que o eixo fosse aquecido, este procedimento inicial é benéfico ao processo. Após este tempo, começou-se a introduzir as vargens de algaroba continuamente no funil de alimentação da extrusora e após certo tempo pode-se observar que a máquina não estava extraíndo o óleo como o planejado, más, a deixamos funcionando para ver o que realmente estava acontecendo. Logo pudemos observar que as vargens de algaroba não passavam da parte inicial do eixo de extrusão (zona de alimentação), observou-se que as mesmas estavam transformando-se em pasta e escoando por locais inadequados na extrusora, sequer passando pela parte inicial da zona de compressão, comprometendo todo o processo de extração. A imagem a seguir nos mostra a situação em que a extrusora estava no momento.



Imagem 9 – Massa da semente de algaroba

### 4.4. O segundo experimento

Fizemos exatamente os mesmos processos iniciais, o trabalho de montagem e desmontagem foi relativamente menor porque a equipe já conhecia a máquina, pois, sabíamos que se deixássemos os resíduos da algaroba ressecarem poderiam nos causar muito transtornos. Os procedimentos foram realizados com mais cuidado, acarretando num maior período de tempo de máquina parada, exatamente três semanas corridas. Estávamos finalmente aptos a realizar o tão esperado procedimento e realmente identificar a eficiência do equipamento.

Na segunda parte dos procedimentos experimentais, iniciamos com uma semente diferente e com menor umidade relativa, as sementes de algodão, para logo após realizar a moagem das sementes de mamona e algaroba sucessivamente.

## Capítulo 5: Resultados

### 5.1 Teor de óleo das sementes e aplicações na indústria.

A mamona possui altos teores de óleo, ficando na margem de 45 a 48% a depender da planta, é o óleo que possui a mais alta qualidade e possui uma ampla aplicação industrial, no seu farelo podemos encontrar uma desvantagem crucial por possuir limitação de não poder ser aplicado na dieta animal por possuir substâncias nocivas aos mesmos, neste caso, o principal uso de sua torta é a adubagem orgânica.

O teor de óleo da semente de algodão gira em torno de 20%, possui uma vasta aplicabilidade industrial podendo ser utilizado tanto para a alimentação humana, na forma de óleo de cozinha, como para a produção de biodiesel. Normalmente as sementes de algodão são rejeitos da indústria têxtil e são encontradas com facilidade e em altas quantidades pelo fato de serem plantadas em grandes escalas no território nacional, desta maneira, possui o potencial de alavancar a produção de biodiesel. Outra característica importante do algodão é que praticamente nada se perde, pois, os resíduos produzidos em sua extração são aproveitados em sua totalidade na dieta animal e com grande valor comercial, uma saca de torta de algodão gira em torno de 80 reais em média. Quando bruto este óleo apresenta uma cor escura devido a presença de uma molécula chamada gossipol, sendo fator de dificuldade no refino do óleo.

O percentual de óleo da vagem de algaroba foi determinado por (FIGUEIREDO, 1980), como 4,98%. Podemos utiliza-las para os mais diferentes tipos de aplicação, sendo utilizada na produção de bolo, biscoito, bebidas alcólicas, geleia, mel, pudim, sopa, pão, e a partir dos açúcares dessas sementes também é possível obter etanol e vinagre, sua maior aplicação é na dieta animal.

Sementes	Porcentagens de óleo
Mamona	45%
Algodão	20%
Algaroba	4,98%

Tabela 3 – Porcentagens de óleo das sementes

Até então não sabíamos determinar o quanto de torta e óleo obteríamos com o processamento das sementes, contudo, temos um referencial que será os valores ideais dos

percentuais de óleo de cada semente, partindo-se deste princípio, obteríamos as seguintes relações: no processamento de 20 Kg de cada semente, idealmente obteríamos:

- 9 litros de óleo de mamona;
- 4 litros de óleo de algodão;
- 1 litro de óleo de algaroba.

## **5.2 Extração do óleo de algodão**

Começou-se a introduzir no funil de alimentação as sementes de algodão, passados alguns minutos a torta começou a sair normalmente no final da zona de dosagem e o óleo finalmente começou a escoar. Pode-se perceber um leve esforço durante a passagem da pasta na zona de alimentação, nos indicando que algo estava para sair fora dos conformes. Notou-se que a torta estava saindo como o planejado, ou seja, sem resíduo de óleo, não necessitando de uma segunda aplicação, porque devido à temperatura de saída, a mesma já se encontrava bastante ressecada. Contudo a máquina nos apresentou alguns indícios de que algo estava errado na extração do óleo, pois, ao observarmos com mais cuidado, percebeu-se que no meio da torta ainda saiam caroços de algodão intactos, nos revelando que algo de anormal está acontecendo.

Conseguimos obter 1 litro de óleo com coloração negra e cerca 18 Kg torta. Idealmente poderíamos conseguir aproximadamente 4 litros de óleo. O principal causador para a obtenção do resultado abaixo do esperado para a extração foi o desgaste dos discos de extrusão iniciais da máquina, pois não estavam cumprindo com o seu papel, que é proporcionar um transporte de qualidade para a zona de compressão obstruindo parcialmente a passagem da massa e elevando a temperatura do processo.



Imagem 10 – Óleo de algodão e torta obtidos no processo

Utilizando as equações (3) e (4) poderemos encontrar a eficiência da máquina com relação a quantidade de massa que utilizamos para a extração do óleo das sementes de algodão, procedeu-se da seguinte maneira:

Utilizou-se primeiro a equação (4) para obtermos o valor de sua massa:

$$M_{\text{óleo}} = 0,923 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{litro}} \right] \cdot 1 \text{ litro}$$

$$M_{\text{óleo}} = 0,923 \text{ Kg}$$

Em seguida, utilizamos a equação (3) para encontramos a eficiência com relação a massa da extrusora.

$$\dot{M} = 0,923 \text{ Kg} + 18 \text{ Kg}$$

$$\dot{M} = 18,923 \text{ Kg}$$

Com relação a vazão mássica, a nossa extrusora comportou-se bem, pois, idealmente a soma do óleo obtido com a torta obtida deveria dar 20 Kg. Se fizemos uma proporção iremos observar que nossa máquina teve um rendimento de 95%. Com relação ao que esperávamos obter em óleo a realidade se mostrou diferente.

As sementes de algodão foram onde a extrusora respondeu com os melhores resultados do experimento. É a semente que possui o menor índice de umidade, apresentou um bagaço de meio termo entre macio e quebradiço, como especifica o manual: se a semente possuir o teor de umidade relativamente alto, a torta sairá macia e quebradiça, em contrapartida, se as sementes apresentarem teores de umidade baixo o bagaço sairá sem forma, quase como poeira e com cheiro de queimado. Nota-se que a umidade da semente de algodão gira em torno de 8 a 10%, em nosso caso apresentam-se em condições perfeitas para o processo, como foi observado na qualidade da torta resultante.

O arrocho correto da coroa de pressão da extrusora é de grande importância na hora da extração, pois, a depender do teor de óleo da semente servirá para dar maior ajuste no eixo principal, ou seja, folgando-o ou arrojando-o a depender da necessidade.

As sementes de algodão são uma das que apresentam menor teor de óleo e menor umidade, é aconselhável apertar ao máximo a coroa de pressão para que seja reduzido o espaçamento entre os discos de extrusão e conseqüentemente seja realizada uma extração de melhor qualidade. No decorrer do processo percebeu-se que a máquina estava trabalhando com uma temperatura de 180 °C, ou seja, trabalhando fora dos padrões estabelecidos para a máquina, pois, o manual informa que a temperatura máxima que a extrusora deve chegar durante o processo é 130 °C, nos indicando a possibilidade de um aumento nas forças exercida pela caixa de redução, dando indícios de falha na lubrificação do equipamento ou mesmo nos discos de extrusão, como consequência o aumento no atrito justificando a elevação de temperatura e o início da obstrução do parafuso.



Imagem 11 – Coroa de pressão

Para sabermos a eficiência da extração quanto a quantidade de óleo obtido, basta-nos fazer a razão entre o teor de óleo obtido no experimento, dividido pela quantidade de óleo tido como aproximadamente ideal para a respectiva semente, segue-se da seguinte maneira:

$$\eta = \frac{Q_{real}}{Q_{ideal}}$$

Aplicando-se a fórmula anterior, podemos observar que o rendimento da extração do óleo de algodão foi de apenas 25%. Obtivemos um baixo rendimento devido aos fatores expostos anteriormente, como o aumento da temperatura resultante do aumento dos esforços causados no eixo, possível desgaste dos anéis iniciais da extrusão.

### 5.3 Extração do óleo de mamona.

Da mesma forma que o algodão, começou-se a alimentar a máquina e se ajustou o arrocho necessário na coroa de pressão da extrusora para que o óleo fosse extraído com maior facilidade. Com o passar do tempo notou-se que o motor estava fazendo maior esforço para processar as sementes de mamona, nos apresentando ruídos e esquentando rápido, indicando a possibilidade de aumento de forças para realização da extração ou o início de uma possível obstrução dos anéis de extrusão. No funil de alimentação as sementes já estavam transformando-se em pasta, antes mesmo de passar pela zona de alimentação.



Imagem 12 – Saída irregular da pasta de mamona

Para as sementes de mamona esperávamos obter aproximadamente 9 litros de óleo, entretanto, conseguimos obter 2 litros de óleo bruto, se afastando do que esperávamos A

máquina não conseguiu processar os 20 Kg das sementes de mamona, chegando em apenas 17 Kg da semente, pois a mesma foi acometida a uma parada emergencial para que a correia de transmissão não arrebentasse.

Realizando-se os mesmos cálculos para a eficiência da extrusora quanto as sementes de algodão, nossos resultados fugiram muito do esperado.  $M_{\text{mamona}} = 4,092 \text{ Kg}$ , nos indicando uma eficiência mássica de aproximadamente 30%. Tal fato se deu pela saída irregular da massa de mamona durante o processo por causas das obstruções resultante da extrusão anterior, fazendo com que a mesma não chegasse ao final do processo como torta, e ao mesmo tempo, perdendo bastante óleo, pois, a massa carregando consigo muito óleo.

Quanto a eficiência da obtenção do óleo, sabendo-se que a máquina processou apenas 17 Kg, com estes novos números obteríamos idealmente 7,65 litros de óleo de mamona, desta forma a eficiência da extração para o óleo de mamona fica 26%.

Segundo (VITAL ÂTMAN, 2012) a temperatura ideal para o processo de prensagem das sementes de mamona é 60°C. Em nosso caso, a extrusora estava com exatos 180 °C contribuindo de maneira negativa no rendimento de nossa extração. Por causa da temperatura bastante elevada as sementes já se desintegravam exatamente na zona de transporte, se transformando em pasta ainda no funil de alimentação. Este aumento de temperatura foi causado a obstrução do eixo na zona de dosagem, provocado o escoamento inadequado da massa. Tais fatores podem aumentar o desgaste dos anéis, desta maneira gerando aumento ainda maior do atrito inerente ao processo, fazendo com que a máquina exercesse mais força.



Imagem 13 – Óleo e torta obtidos da mamona

(VITAL ÂTMAN, 2012) Ainda nos informa sobre o tempo de decantação do óleo de mamona, mostrando que serão precisos 10 a 15 dias de descanso em recipientes higienizados para que as partículas em suspensão no óleo decantassem perfeitamente, processo este que foi seguido à risca.

Antes da extração do óleo da mamona, procedeu-se como esperado, o manual informa que, quando uma semente possui altos níveis de óleo é preciso aumentar os espaçamentos dos anéis de extrusão folgando a coroa de pressão, para que a compressão se dê um pouco mais à frente da zona de compressão e não estoure antes.

Notamos tratar-se do mesmo problema que aconteceu no experimento anterior com as vargens de algaroba. Agora não havia o que ser feito, já não poderíamos parar a máquina, pois, requeria muito tempo e esforço por parte da equipe, então, optamos por deixar a máquina operar até a falha e com todos estes desvios ainda conseguimos colher 2 litros de óleo de mamona, o que é inadmissível, pois, as sementes possuem cerca de 45 % de óleo. Acreditamos que o principal fator que provocou este baixo rendimento foi a umidade alta das sementes de mamona aliado ao aumento de temperatura gerada pelo atrito interno.

#### **5.4 Extração do óleo de algaroba.**

Como vimos anteriormente a algaroba possui amplo potencial de aplicação na indústria brasileira, no entanto, ainda é um ramo embrionário, más pesquisas têm demonstrado suas vantagens, tanto sua capacidade ambiental como a econômica. No ponto de vista ideal, nossas expectativas giravam em torno do colhimento de pouco mais de 1 litro de óleo de algaroba. O que em nosso caso não ocorreu devido a limitações da máquina, pois, no processo de extração anterior a mesma perdeu potência a ponto de gerar uma parada total, ocasionando a não extração do óleo de algaroba.

Foi com esta semente que a extrusora apresentou maior limitação, não extraíndo seu material regularmente devido à grande umidade da vagem e o baixo teor de óleo das suas sementes. Observou-se pelas características da torta que a parte mássica da vagem dificultará muito o processo de extração, chegando ao ponto de sequer romper as paredes da semente para que a extração fosse realizada.

Como a algaroba possui baixos índices de óleo por sementes, a mesma não é adequada para a extração de óleo para a produção de biodiesel. Segundo (ALVES, GOLVEIA, *et al.*, 2000) a algaroba não possui características para a produção do biocombustível, tendo em vista

a alta porcentagem de açúcar em sua semente, amido e proteínas, tornando-se um ótimo elemento para engorda de animal e uma boa alternativa para a produção de novos produtos do gênero alimentício humano.

## 5.5 Comparativo das eficiências

Neste tópico iremos abordar o comparativo das eficiências obtidas durante o experimento na extrusora, iniciaremos com a eficiência mássica.

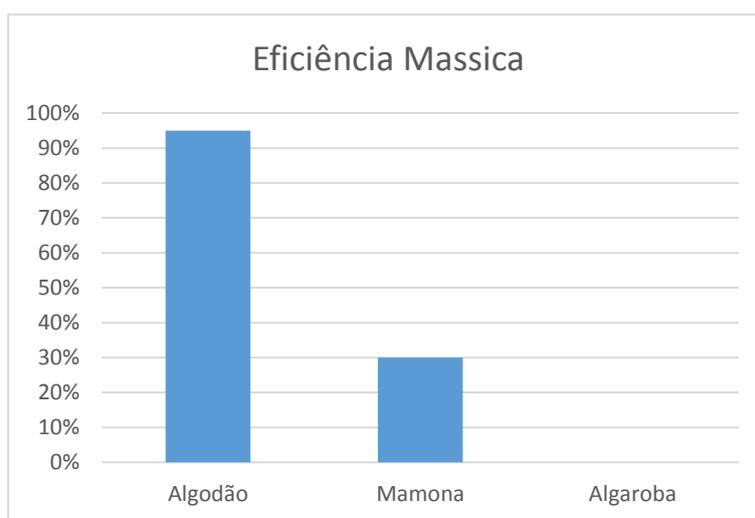


Gráfico 2 – Eficiência mássica

Pelo gráfico podemos observar que a semente de algodão foi a que obteve melhor resultado no que tange a eficiência mássica no experimento. A máquina responde melhor quando está trabalhando com sementes que possuem menor umidade, foi o que aconteceu com as sementes de algodão. O resultado deveria ter sido 100%, entretanto, tivemos 5% de percas durante o processo, sendo por sementes que caíam durante a alimentação, sendo por grãos que não tiveram sua parede rompida.

Sobre a mamona, quando suas sementes foram ser processadas a máquina estava em alta temperatura, fazendo com que as sementes fossem transformadas em pasta antes mesmo da zona de alimentação, ou seja, no funil, provocando saídas irregulares da massa de extrusão e desta maneira porvocado grandes percas de torta e óleo no processo. Sobre a algaroba, não conseguimos fazer a extração devido a danificação da correia de transmissão da máquina.

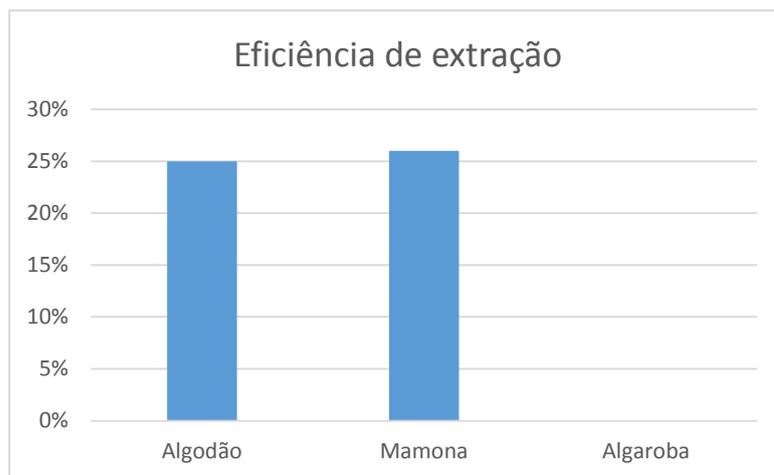


Gráfico 3 – Eficiência de extração

Sobre o aspecto da extração de óleo, pode-se observar que mesmo com todas as perdas a semente de mamona obteve o melhor resultado, demonstrando o que estávamos esperando, pois, é oleaginosa que possui o maior percentual de óleo por sementes do experimento.

Contudo as eficiências foram baixas, devido aos problemas na máquina citado anteriormente.

### **5.6. Sobre a manutenção da extrusora.**

Antes de iniciar os dois experimentos realizados tivemos o cuidado de inspecionar as partes móveis para que pudéssemos ter segurança de que tudo estaria funcionando normalmente. Nestas máquinas não é comum a realização de manutenções periódicas devido ao longo tempo que foram feitas para uso, entretanto, é recomendável inspeções visuais pelo menos uma vez por mês para que se evite maiores danos e assim identificar algum inconveniente. Pelo menos duas vezes ao ano deverá ser realizada inspeções ordinárias para a identificação de peças defeituosas e lubrificação interna, a máquina deverá ser mantida sempre limpa. Todos estes fatores possuem influência direta no processo, pois, pode ser fator motivador para longos períodos de máquina parada.

O manual informa as possíveis causas e como se deve proceder para solucionar esses problemas. Segundo o mesmo, as possíveis causas dos problemas são:

1. Baixo teor de óleo do material;
2. Parafuso ou discos estão gastos;
3. O bagaço é muito fino;
4. Muita umidade no material;
5. Obstrução do parafuso.

O mesmo ainda nos dá as possíveis soluções para os respectivos problemas:

1. Aqueça o material;
2. Mude as peças gastas;
3. Ajuste a espessura do expelidor para o indicado;
4. Reduza a umidade;
5. Jogue água quente nos anéis de extrusão para facilitar a retirada do material.

## Capítulo 6: Conclusão

Dado o exposto a extração de óleo de sementes oleaginosas pelo processo de prensagem a frio se caracteriza como o mais ambientalmente correto, seus resíduos são reaproveitados praticamente na sua totalidade. Com a produção das lavouras de plantas para a produção sementes oleaginosas, as mesmas aumentam a produção de oxigênio e ao mesmo tempo em que promovem a redução do dióxido de carbono por meio do seu consumo natural, por fim, atuando na recuperação do solo infértil.

Em um contexto geral é preciso que a sociedade entenda a importância do uso do biocombustível, que é um olhar de esperança para o futuro. Trata-se de uma fonte renovável e controlável, pois, ao contrário do petróleo que se torna cada vez mais raro, sua produção pode ser controlada, porque dado o caso de maior demanda planta-se mais e em momentos de menor demanda planta-se menos. Auxiliando sempre na melhoria de vida do pequeno agricultor.

Para os veículos automotores, o biodiesel apresenta maior capacidade de lubrificação e com isso ele aumenta a vida útil dos motores. Com ponto de fulgor e número de cetano elevados, o biocombustível também amplia a vida útil do catalisador do sistema de escapamento (PETROBRAS, p.14). São inúmeras vantagens advindas do uso do biodiesel, cabe ao governo implementar os programas existentes dando amplo incentivo à agricultura familiar, fortalecendo desta maneira regiões atingidas pela pobreza, principalmente na região Nordeste, que é onde a maioria das plantas oleaginosas encontraram maior adaptação, além do fato de possuir grandes áreas de cultivo e clima favoráveis.

Com o uso do biodiesel estaremos reduzindo a incidência de gases do efeito estufa, gerando emprego e renda no país. Podemos concluir que para o pequeno empresário o uso de prensas expeller é mais vantajoso para a extração em pequena escala, do que os outros métodos de extração de óleos vegetais, tanto no aspecto ambiental que é de longe o melhor método por causa da baixa agressão ao ambiente, como no econômico que é representado como o mais em conta.

Com relação à eficiência de nossa máquina, em virtude dos fatos mencionados não atingimos o que era esperado, a exemplo do desgaste dos anéis de extrusão no estágio inicial (zona de alimentação). Foi possível realizar as etapas iniciais de armazenamento e tratamento

das sementes, tal qual a exposição ao sol, a pré-limpeza, a armazenagem em ambiente adequado. Concluímos que não houve grandes percalços na extração de óleo quando as sementes possuem baixa umidade, desta maneira, é aconselhável que antes de qualquer extração se realize algum tipo de tratamento nas sementes que possuem umidade elevada para que se aproveite ao máximo as potencialidades da máquina.

Outro ponto de fundamental importância no baixo desempenho da máquina reside na falha da troca de óleo da mesma, tendo-se em vista que se deve seguir um padrão adequado de horas trabalhadas e de acordo com o manual este intervalo é de 3000 até 10000 horas. O período de tempo sem uso da máquina e a pouca movimentação do óleo comprometeu seu desempenho, afetando diretamente o experimento. Tais fatores tornaram-se o centro das falhas técnicas, pois, em sua maioria as pessoas aprenderiam o uso e o manuseio do equipamento sem acompanhamento do manual, devido a este motivo acometendo a extrusora a problemas.

Para a resolução dos problemas expostos, alguns cuidados deveriam ser tomados, são eles: o acompanhamento da temperatura do processo, sua lubrificação periódica, o correto tratamento e armazenamento das sementes, por fim a troca de peças gastas, seguindo estes passos conseguiremos melhores resultados se tratando de extração de óleo.

Para o correto manuseio deste equipamento é aconselhável realizar a extração de um tipo de semente de cada vez e esperar que todos os resíduos saiam para que não haja maiores problemas durante o processamento dos grãos. Em seguida deve se realizar uma previa limpeza e lubrificação do parafuso para permitir que os outros tipos de sementes sejam prensados corretamente.

Em vista dos argumentos apresentados este estudo serviu para que se possamos expandir o nosso olhar a questões que hoje em dia requerem caráter de urgência, como a preservação do ambiente. Nos mostrando as possibilidades de vantagens ambientais que se tem no uso de máquinas extrusoras de parafuso único para extração de óleo vegetais. É preciso que este estudo seja contínuo e se busque cada vez mais rapidez, qualidade e eficiência no tratamento dos mesmos, onde só através de pesquisas e incentivos poderemos conquistar nossas metas e desta forma consigamos entender e usar as potencialidades do nosso planeta para que consigamos construir uma sociedade consciente e cada vez melhor.

## Referências Bibliográficas

- ALVES, S. D. S. et al. ESTUDO TERMOGRAVIMÉTRICO E CALORIMÉTRICO DA ALGAROBA, Recife, 2000.
- BIODIESELBR. Algodão. **Biodieselbr**, Janeiro 2006. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/plantas/algodao/algodao.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- BIODIESELBR. Biodiesel mais viável é o do caroço de algodão. **biodieselbr**, Julho 2007. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/biodiesel/biodiesel-mais-viavel-caroco-algodao-10-07-07.htm>>. Acesso em: 29 ago. 2018.
- BRANDÃO, C. R.; MACHADO, P. F.; SUAREZ, P. A. AS INTERAÇÕES MOLECULARES NOS ÓLEOS VEGETAIS E NO BIODIESEL. Disponível em: <<http://sec.s bq.org.br/cdrom/32ra/resumos/T0859-1.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2019.
- BURIELO , W. D. S.; SPINA, G. G. D. A. **Processamento de polímeros por extrusão e injeção**: Conceitos, equipamentos e aplicações. 1ª. ed. [S.l.]: Érica/Saraiva, v. I, 2015.
- CALDERÓN, J. Do azeite e outros óleos. **Adega**, Campinas, 2011.
- CARLOS, A. C.; OLIVEIRA, P. M. Extração de óleo de mamona para a produção de biodiesel em usina de escala piloto, 2010.
- DUTRA, I. et al. A utilização de Óleo Vegetal Refinado como Combustível, Agosto 2010.
- GOLVEIA, C. D. S.; MATA, M. E., 2007.
- MONTENEGRO, A. L. Estudo da extração mecânica e da transesterificação etílica de óleos vegetais, 2010.
- R, A. F. et al. Biodiesel de soja - taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização fisicoquímica e consumo em gerador de energia. **Química nova**, v. 28, 2005.
- RIBASKI, J. et al. **Árvore de uso múltiplo para a região semiárida Brasileira**, 2009.

SANTOS, E. Congresso Brasileiro de Mamona. **Agroenergético**, 2014. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1007342/1/ed57.pdf>>.

Acesso em: 27 ago. 2018.

VIGNOL, L. D. A. Desenvolvimento de modelo simplificado para o estudo da extrusão de polímeros, Porto Alegre, 2005. Disponível em:

<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/6519/000531274.pdf;sequence=1>>.

VITAL ÂTMAN. V.Âtman. **Vital Âtman**, Dezembro 2012. Acesso em: 2019.

SAVY FILHO, A.; PAULO, E. M.; MARTINS, A. L. M.; GERIN, M. A. N. Variedades de mamona do Instituto Agrônômico. Boletim Técnico, 1999b, p. 183.

VAZ, Paulo Henrique Pereira de Meneses; SAMPAIO, Yony de As Barreto; SAMPAIO, Everardo Valadares de As Barreto. Análise da competitividade da mamona para produção de biodiesel no Nordeste do Brasil. In: Encontro Regional da Anpec, 2008, Fortaleza. Anais do XIII Encontro Regional de Economia, 2008. p. 1-20.

ALENCAR, Karoline Andrade de. **Revisão bibliográfica sobre a diversidade de matérias primas para a produção do biodiesel**. 2008, 105 f. Monografia – Universidade Católica de Goiás, Goiânia. Disponível em: <[http://www.administradores.com.br/producao\\_academica/diversidade\\_de\\_materias\\_primas\\_para\\_a\\_producao\\_do\\_biodiesel/1444/](http://www.administradores.com.br/producao_academica/diversidade_de_materias_primas_para_a_producao_do_biodiesel/1444/)>. Acesso em: 29 agosto. 2018.

FIGUEIREDO, A. A., Óleo da semente de algarobeira - *Prosopis juliflora* DC, Revista Brasileira de Farmácia, Rio de Janeiro, v. 61, p. 65-67, jan. /jul., 1980.

CTA. Centro de Trabalhadores da Amazônia. Apoio ao comércio justo e solidário de óleo de copaíba manejado e certificado: uma estratégia de geração de renda para pequenos produtores (as) florestais e de Conservação Ambiental no Estado do Acre. Relatório Técnico. Acervo do CTA. 2008.

PETROBRAS. Biocombustíveis: 50 perguntas e respostas sobre este novo mercado. Disponível em: . Acesso em: 19 maio 2019.