



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

EUGÊNIO DOS SANTOS DE CASTRO CAMPOS

**ANÁLISE TEÓRICA/EXPERIMENTAL DO PROCESSO DE
EXTRAÇÃO DE ÓLEO DA SEMENTE DE MAMONA PRODUZIDA
PELAS COOPERATIVAS DO PÓLO SÃO FRANCISCO**

**JUAZEIRO-BA
2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

EUGÊNIO DOS SANTOS DE CASTRO CAMPOS

**ANÁLISE TEÓRICA/EXPERIMENTAL DO PROCESSO DE
EXTRAÇÃO DE ÓLEO DA SEMENTE DE MAMONA PRODUZIDA
PELAS COOPERATIVAS DO PÓLO SÃO FRANCISCO**

Trabalho apresentado a Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Campus Juazeiro, como requisito da obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientadora: Prof^a. Dra. Vivianni Marques Leite dos Santos

**JUAZEIRO-BA
2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

FOLHA DE APROVAÇÃO

EUGÊNIO DOS SANTOS DE CASTRO CAMPOS

**ANÁLISE TEÓRICA/EXPERIMENTAL DO PROCESSO DE
EXTRAÇÃO DE ÓLEO DA SEMENTE DE MAMONA PRODUZIDA
PELAS COOPERATIVAS DO PÓLO SÃO FRANCISCO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Engenheiro de Produção, pela Universidade
Federal do Vale do São Francisco.

Prof^a. Dra Vivianni Marques Leite dos Santos (UNIVASF)
Orientadora

Prof^a. MSC. Ana Cristina Gonçalves Castro Silva (UNIVASF)
Avaliadora

Prof. MSC. José de Castro Silva (UNIVASF)
Avaliador

Aprovado pelo Colegiado de Engenharia de produção em
____/____/2010

“Acredite em seus sonhos, porque tu és do tamanho deles. Então sonhe alto, isso te tornaras grande, AGORA LUTE!”

Dedico este trabalho aos meus pais Ednaldo Campos e Sirleide Campos e a meus avós paternos e maternos, amo todos vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Senhor meu DEUS por todas as maravilhas que tens feito por mim, agradeço pelas vitórias que tens me dado. Obrigado por intervir ao meu favor nos momentos difíceis que enfrentei, obrigado por ter colocado em meu caminho pessoas maravilhosas que tanto me ajudaram.

A meus pais Ednaldo de Castro Campos e Sirleide dos Santos de Castro Campos pelas inúmeras sugestões e paciência, durante este trabalho, pelo incentivo e constante torcida para o meu sucesso, pelo companheirismo e troca de experiências, pela contribuição sempre e pelas críticas sempre proferidas.

A meus avós José Campos Pinheiro (*in memorian*), Aurelita de Castro Campos (*in memorian*), Eutímio Santos (*in memorian*) e Elenita Cardoso dos Santos, avós queridos e amados, fieis incentivadores que estarão em meu coração sempre, amo vocês.

Agradeço por ter irmãos tão maravilhosos, Cíntia e Eduardo vocês são irmãos amados e especiais, pelas inúmeras contribuições, paciência, carinho e apoio na revisão desse trabalho. Obrigado a meu primo Maurício pelas críticas construtivas e incentivos em momentos dessa jornada.

À minha família, tios, tias, primos e primas sempre especiais por serem tão maravilhosos, queridos e pelos proveitosos momentos de convívio agradável e companheirismo.

A Prof.^a. Dra. Vivianni Marques Leite dos Santos, pela competente e segura orientação e pela capacidade de criar as condições para a execução deste trabalho e incentivo ao meu crescimento profissional, a quem tenho um imenso carinho e admiração, que DEUS sempre ilumine sua jornada e de sua família.

Ao Prof. José Cordeiro Neto por ter partilhado seus conhecimentos na análise econômica e contribuição no decorrer da elaboração deste trabalho.

Aos meus avaliadores Prof. Msc. José de Castro Silva e Prof.^a. Msc. Ana Cristina Gonçalves Castro Silva pelas sugestões e contribuição.

Gostaria de agradecer a Rafael, Hugo e Agostinho Junior pela amizade sincera também a todos os meus amigos que tenho, amigos de universidade,

amigos de infância e os amigos que conquistei ao longo da minha vida. A todos que contribuíram, pela amistosa convivência e companheirismo.

A equipe Kroma Engenharia pela amizade, convívio agradável e cordialidade sempre que preciso.

A todos que direta ou indiretamente tenham contribuído para a realização deste trabalho.

Obrigado Senhor meu DEUS que me deu tantas coisas maravilhosas, a minha família, os meus amigos, professores maravilhosos e oportunidades. À todos muito obrigado.

Campos, Eugênio dos Santos de Castro. **OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE MAMONA PARA SUA COMERCIALIZAÇÃO POR COOPERATIVAS DO PÓLO SÃO FRANCISCO.** Juazeiro, 2010. Trabalho de Conclusão de Curso – Colegiado de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Vale do São Francisco.

RESUMO

As oleaginosas vêm sendo uma importante alternativa ao uso do petróleo como matéria-prima para combustíveis. O biocombustível por ser renovável e menos poluente tem sido de fundamental importância para estudos de oleaginosas como sua matéria-prima. A extração de óleo de mamona é um elo de fundamental importância para a cadeia produtiva do biodiesel e assim como a torta e a casca, co-produtos da extração, podem contribuir no combate à pobreza nas regiões semi-áridas do Brasil. A mamona tem no óleo seu principal produto, cujas aplicações são bastante diversas, dando origem a produtos variados, que vão desde a fabricação de graxas e lubrificantes, tintas, vernizes, espumas e materiais plásticos para diversos fins, até a produção de cosméticos, produtos alimentares, farmacêuticos, óleos lubrificantes e o biodiesel. Além de gerar um dos maiores impactos sociais do setor por ser produzida dentro do conceito de agricultura familiar. Busca-se estudar neste trabalho o desenvolvimento de experimentos em escala de bancada para promover a otimização do processo na extração do óleo de mamona em relação ao tempo, solvente e temperatura, avaliando parâmetros de qualidade do produto, como o seu índice de acidez e sua estabilidade de oxidação. Serão também analisadas as vantagens provenientes da comercialização do óleo e torta em substituição a comercialização da semente pelas cooperativas do pólo São Francisco.

Palavras-chave: Petróleo, Biocombustível, Óleo de Mamona.

Campos, Eugênio dos Santos de Castro. **OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE MAMONA PARA SUA COMERCIALIZAÇÃO POR COOPERATIVAS DO PÓLO SÃO FRANCISCO.** Juazeiro, 2010. Trabalho de Conclusão de Curso – Colegiado de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Vale do São Francisco.

ABSTRACT

The vegetable oils come being an important alternative to the use of the oil as raw material for fuels. The renewable and less pollutant biofuel for being has been of basic importance for studies of vegetable oils as its raw material. The castor oil extraction is a link of basic importance for the productive chain of biodiesel and as well as the pie and the rind, co-products of the extration, can contribute in the combat to the poverty in the half-barren regions of Brazil. castor has in the oil its main product, whose applications are sufficiently diverse, giving to origin the products varied, that go since the manufacture of greases and plastic lubricant, inks, varnishes, foam and materials for diverse ends, until the cosmetic production, alimentary products, pharmaceutical, lubricative oils and biodiesel. Beyond inside generating one of the biggest social impacts of the sector for being produced of the concept of familiar agriculture. One searches to study in this work the development of experiments in group of benches scale to promote the optimization of the process in the extraction of the castor's oil in relation to the time, solvent and temperature, evaluating parameters of product quality, as its acid value and its stability of oxidation. Also the advantages proceeding from the commercialization of the oil and pie in substitution will be analyzed the commercialization of the seed for the cooperatives of the São Francisco's polar region.

Keywords: Oil, biofuell, Castor Oil

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- LPQ – Laboratório de Processos Químicos.
- M.A – Ministério da Agricultura Brasileira.
- MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário.
- MIC – Ministério da Indústria e Comércio.
- PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel.
- PROALCOOL – Programa Nacional do Álcool.
- PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar.
- MDL – Mecanismos de Desenvolvimento Limpo.
- B2 – 2% de biodiesel e 98% de diesel fóssil.
- B5 – 5% de biodiesel e 95% de diesel fóssil.
- B8 – 8% de biodiesel e 92% de diesel fóssil.
- UV – Ultravioleta.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO..... 12

CAPITULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO..... 15

2.1 Cultivo, colheita, produção e consumo da mamona..... 15

2.2 Panorama econômico da mamona..... 17

2.3 Cadeia produtiva da mamona..... 18

2.4 A produção de mamona na Bahia e no Vale do São Francisco..... 22

2.5 Processo de extração do óleo de mamona..... 24

2.6 Mamona para a produção de biocombustível..... 27

2.7 Garantia da qualidade do produto..... 29

2.8 A importância econômico-social da mamona..... 33

CAPITULO 3 – METODOLOGIA..... 36

3.1 Tipos de pesquisa..... 36

3.2 Métodos e técnicas de pesquisa..... 36

3.3 Extração do óleo de mamona..... 38

3.4 Teste de Acidez..... 39

3.5 Estabilidade à Oxidação..... 39

3.6 Viabilidade Econômica..... 40

CAPITULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 42

4.1 Extração do óleo de mamona..... 42

4.2 Análise comparativa dos custos para beneficiamento da semente..... 51

4.3 Monitoramento da Qualidade do Óleo..... 53

4.3.1 Teste de acidez..... 53

4.3.2 Estabilidade à Oxidação..... 55

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO.....	56
REFERÊNCIAS.....	58
ANEXOS 01.....	67
ANEXOS 02.....	69

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A mamona, denominada cientificamente como *Ricinus Communis L.*, pertence à família da *Euphorbiaceae* e apresenta alto teor de óleo na semente (MENDES, 2005). A semente da mamona, em termos médios, segundo Freire *et al.* (2001), é constituída por 65% de amêndoa e 35% de casca; já a semente de alto rendimento possui mais de 70% de amêndoa.

Atualmente, a mamona vem se destacando como uma das culturas mais versáteis, rentáveis e promissoras, do ponto de vista da indústria e da bioenergia, apresenta potencial para gerar milhares de empregos no campo e tem sido adotada em programas governamentais de diversos estados brasileiros (OLIVEIRA, 2008).

Segundo Freire (2001), as variedades comerciais mais comuns de semente de mamona possuem 40% a 60% de óleo, com cerca de 90% de ácido ricinoléico que se caracteriza por um alto peso molecular (298) e baixo ponto de fusão (5°C). Além disso, segundo a EMBRAPA (2004), cada hectare cultivado com mamona absorve dez toneladas de gás carbônico, ou seja, o quádruplo da média das outras oleaginosas.

Estudo estão sendo feitos na busca por óleos vegetais como matéria-prima para combustíveis vem tomando grande impulso devido a necessidade de se dispor de fontes de energia alternativas ao uso do petróleo e seus derivados (KNOTHE, 2001).

O óleo da mamona é uma matéria-prima versátil que tem centenas de aplicações na indústria química com a qual se podem fazer diversas reações dando origem a produtos variados, que vão desde a fabricação de lubrificantes, tintas, vernizes, espumas e materiais plásticos para diversos fins, até a produção de cosméticos, produtos alimentares, farmacêuticos e produtos para a indústria automotiva. Além da vasta aplicação na indústria química, a mamoneira é uma planta resistente, pois necessita utilização de pequena quantidade de agrotóxico e se adapta perfeitamente as zonas semiáridas do Nordeste, tornando-se cultura atrativa para esta região, onde há poucas alternativas agrícolas rentáveis (NETO, 2008).

Para utilização em motores, tem a vantagem de possuir 30% a mais de lubrificidade do que os demais óleos, podendo eliminar a necessidade de adição de enxofre ao diesel mineral, em 100%, sendo assim um óleo especial e com mercado garantido no mundo moderno (BELTRÃO, 2004).

A Petrobrás desempenha um papel fundamental na estruturação da cadeia do biodiesel. Isso porque é praticamente a única compradora atual do biodiesel comercializado por meio de leilões. Outro motivo que eleva a importância da Petrobrás para a cadeia do biodiesel é o fato de que a empresa adotou a estratégia de também ser uma produtora de biodiesel (CAMPOS & CARMELIO, 2006).

O governo Federal prevê investimentos para o período de 2008 a 2012 de US\$364 milhões, e que se tenha alcançada uma estrutura de processamento de biodiesel com 25 plantas de médio porte e 13 plantas de grande porte. Dando continuidade aos investimentos, a partir de 2013 os investimentos totais acumulados deverão ser US\$411 milhões (AMORIM, 2005).

Apesar da tecnologia de produção ser relativamente simples, ainda são necessários estudos e inovações para tornarem o processo de extração do óleo ainda mais eficaz, com a máxima quantidade de óleo extraído, tornando os processos de produção mais eficientes e a custos menores, além de garantir sua qualidade e adequada utilização nos diversos produtos derivados do óleo de mamona. Pesquisas como a que foi realizada pelo presente trabalho são de fundamental importância para determinar a maneira mais eficiente de extrair essa oleaginosa com relação às variáveis de operação: tempo, solvente e temperatura de extração.

Atualmente a Petrobrás vem adquirindo as sementes produzidas pelas cooperativas do Pólo São Francisco com o apoio do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA). A orientadora deste trabalho participa do grupo de trabalho gerenciado pelo MDA na área de atuação do Pólo Sertão e constatou que até esta data as cooperativas comercializam a semente. Entretanto se disponibilizou a investigar a viabilidade técnica-econômica da comercialização do óleo em lugar da semente, modo que o enfoque desse trabalho foi dado a problemática relacionada as condições e métodos de extração dessa oleaginosa com monitoramento de sua qualidade e vantagens econômicas de sua comercialização. Dessa forma o

questionamento é: Como a análise técnico/econômica pode agregar valor aos produtos comercializados pelas cooperativas do Pólo São Francisco?

Para responder a essa pergunta definiu-se como objetivo geral dessa pesquisa o estudo do processo de extração do óleo de mamona com monitoramento de sua qualidade para investigar a viabilidade para sua implementação em cooperativas do Pólo São Francisco.

Na busca para se atingir esse objetivo geral foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Revisão da literatura e pesquisa qualitativa em indústrias ou cooperativas que já vem extraíndo o óleo da semente;
- Determinar o melhor tempo, solvente e temperatura para extração do óleo de mamona em escala de bancada;
- Monitorar o índice de acidez e a estabilidade à oxidação do óleo de mamona extraído para monitoramento da qualidade do óleo a ser comercializado;
- Avaliação comparativa econômico-financeira para comercialização do óleo e torta da mamona em substituição a comercialização da semente.

Na Engenharia de produção, o desenvolvimento deste trabalho envolve as áreas de planejamento do produto industrial, métodos de desenvolvimento do produto e de qualidade, garantia da qualidade do produto, processos industriais e economia.

CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CULTIVO, COLHEITA, PRODUÇÃO E CONSUMO DA MAMONA

A mamoneira se adapta muito bem ao clima e as condições de solo do semiárido, além de exigir baixa quantidade de água, recurso altamente escasso na região (CARVALHO, 2005).

A lavoura da mamona se presta para a agricultura familiar, podendo apresentar economicidade elevada, além do seu plantio poder ser consorciado como exemplo o feijão e outros produtos agrícolas complementares. Em se tratando do cultivo desta, três fatores determinam a época mais propícia ao plantio da mamoneira: umidade, temperatura e luminosidade. No Nordeste, esta época coincide com o início da estação chuvosa, depois de pelo menos 30 mm de chuva (LEIRAS, 2006).

A lavoura de um hectare de mamona pode absorver até 8 toneladas de CO₂, contribuindo de forma relevante para o combate ao efeito estufa, podendo-se utilizar receitas devido ao sequestro de CO₂ preconizadas pelo Protocolo de Kyoto (PRAÇA, 2004).

Durante o cultivo da mamona é necessário que a distribuição do calor e umidade seja uniforme e conveniente, durante todo o período vegetativo da planta. Quando falta umidade no solo as sementes têm pouco peso e baixo rendimento em óleo, mesmo tratando-se de variedades produtivas, o que se observa por ocasião de secas. Isto não quer dizer que a cultura deva ser instalada em terrenos sujeitos a alagamentos ou má drenagem, pois a planta é bastante sensível à asfixia das raízes. Ao se iniciar o período em que os frutos começam a ficar maduros, é desejável que as chuvas sejam mais espaçadas, contribuindo para um melhor processo de maturação. Os períodos de seca prolongados após a germinação são sempre perigosos ocasionando não somente irregularidades no desenvolvimento, como também em muitos casos, o definhamento das plantas ainda não completamente desenvolvidas (LEIRAS, 2006).

A irrigação é uma prática pouco utilizada, somente nos casos de produção de sementes, aqui no Vale do São Francisco é pouco utilizado esse método prevalecendo à cultura a sequeiro. Com o uso de irrigação pode-se antecipar a

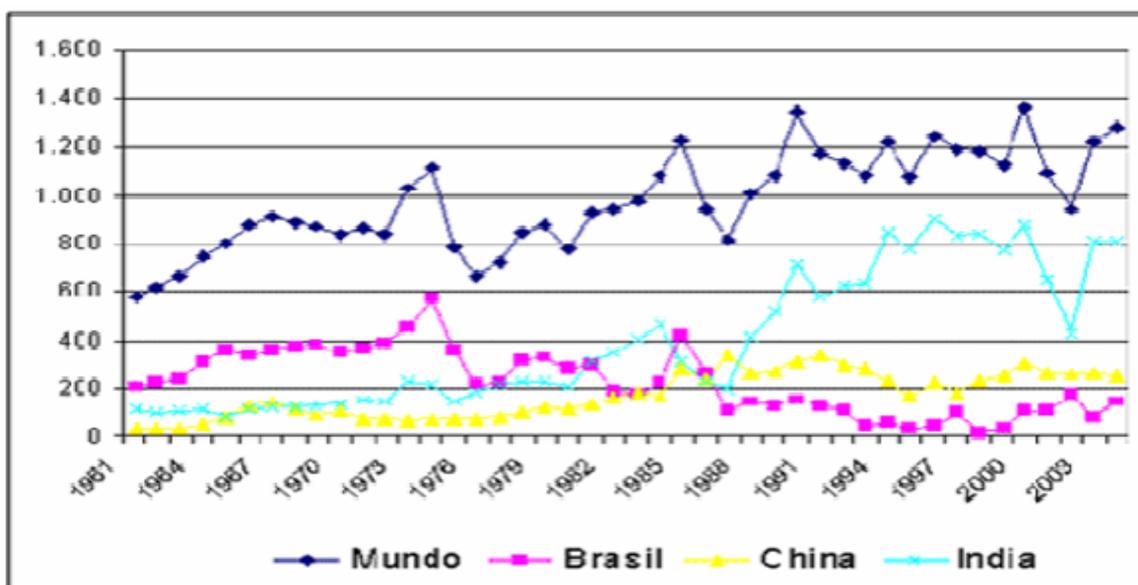
época de plantio da mamoneira para o mês de setembro, concentrando a colheita nos meses de maio, junho e julho, período em que não há precipitação (CARVALHO, 2005).

A colheita é realizada quebrando-se o cacho na base do seu pedúnculo e o colocando para completar a secagem no terreiro ou sobre uma lona. Aqueles frutos que não soltaram os grãos serão submetidos à trilha manual ou mecânica. A primeira é realizada com varas flexíveis ou utilizando o descascador manual; a segunda com trilhadeiras motorizadas ou utilizando descascador elétrico. Quando a trilha é manual, deve-se proceder ao peneiramento, para separar os grãos das cascas dos frutos. Após o beneficiamento e limpeza, os grãos deverão ser colocados em sacas de aniagem, com capacidade para 60 quilos (CARVALHO, 2005).

A mamona quando plantada após uma cultura que recebeu adubação intensiva, se aproveita muito bem do efeito residual do adubo. As folhas da mamoneira, por imposição fisiológica da planta, no final do ciclo secam e caem no solo, proporcionando excelente matéria orgânica para incorporação rica em cálcio, potássio e nitrogênio (LEIRAS, 2006). Trata-se de um método eficaz de prevenção de pragas e doenças e de conservação da produtividade do solo. Recomenda-se a rotação com o algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum L.*) com o milho ou o sorgo, além do amendoim e do feijão, caso não tenha sido usado em sistemas consorciados. Além disso, não se deve plantar mamona por mais de dois anos no mesmo local sem se fazer rotação de culturas (LEIRAS, 2006).

Estimativas indicam que Nordeste concentra cerca de 4 milhões de hectares apropriados para o cultivo da mamona, em condições de atingir rendimento de até 1,5 tonelada de bagas por hectare, enquanto a média anual de outras regiões fica em 750 quilos (BRASIL, 2004).

A análise do agronegócio da mamona no Brasil demonstra um declínio na década de 90, em comparação aos principais países integrantes deste agronegócio. O declínio da cultura da mamona no Brasil pode ser constatado ao verificar-se o histórico da produção nacional de mamona em baga durante o período 1980/2004 (MENDES, 2005). Como demonstra a Figura 01, percebemos os principais produtores de mamona com crescimento da produção mundial na década de 90, principalmente da produção da Índia, bem como da China que passou a ocupar o segundo lugar, ultrapassando o Brasil, devido a queda da produção brasileira.



Fonte: Leiras (2006).

Figura 01: Produção mundial de mamona em toneladas por ano.

2.2 PANORAMA ECONÔMICO DA MAMONA

A cultura da mamona gera um dos maiores impactos sociais do setor por ser produzida dentro do conceito de agricultura familiar. Para se ter uma idéia, existe cerca de 30 mil produtores no estado da Bahia, dos quais 85% são pequenos. Nos últimos anos, estes agricultores tem vivenciado dificuldades e queda na safra como resultado das condições climáticas desfavoráveis (pouca chuva), falta de assistência técnica e preço baixo na venda, dizem os produtores (SEAGRI, 2009).

Durante a elaboração deste projeto foram realizadas visitas a fazendas produtoras de mamona e feijão. Na oportunidade, o produtor da região de Morro do Chapéu, Aldérico Gomes, informou que já reduziu a área que plantava de 350 hectares para 220 hectares. "Tive de reduzir por causa do prejuízo, que piorou nos últimos dois anos", afirma. Aldérico conta que já chegou a vender 12 caminhões de mamona por semana 'atualmente, vendo dois caminhões apulso" e o produtor Idelbrando Santos, de Cafarnaum (85 km de Irecê), atribui parte da redução da área de produção à falta de assistência técnica. "Pulverizamos a plantação, mas nem sempre a gente faz as coisas na hora certa. Se tivesse assistência técnica, seria melhor", comenta. Ele garante que nunca recebeu apoio técnico por parte do

governo. "A gente planta por conta. Não temos apoio técnico", reforça o produtor de Morro do Chapéu, Aldérico Gomes.

Segundo Santos & Kouri (2006) no período 1988/1992 a China passou a ser o segundo maior produtor mundial, posição que foi também ocupada pelo Brasil no período 1983/1987. No ano de 2003 a Índia foi responsável por 51% da produção mundial de óleo de mamona, a China por 35% e o Brasil por apenas 7%.

Conforme dados apresentados pela Conab (2009), a exportação brasileira do óleo de mamona em 2008 totalizou 7.431 toneladas, representando redução de 46,02%, quando comparada com aquela efetuada em 2007 que foi 13.773,2 toneladas, enquanto a importação aumentou em 16,82%. Observa-se também que as importações superaram as exportações em 2008. Esta alteração é decorrente do maior consumo de óleo no mercado interno e da baixa produção que não foi suficiente para atender a demanda nacional. Do volume exportado, a maior parte (7.194 toneladas), foi de óleo hidrogenado. Do mesmo modo, este óleo foi responsável pelo maior volume de importação (14.774 toneladas).

2.3 CADEIA PRODUTIVA DA MAMONA

O óleo da mamona é utilizado na indústria de cosméticos, na indústria automotiva, como componente de polímeros ou como lubrificante para motores de alta rotação e carburante de motores a diesel como fluido hidráulico em aeronaves (LEIRAS, 2006).

Segundo Severino *et al.* (2006), no contexto nacional a Região Nordeste é a principal produtora de mamona, sendo responsável por mais de 90% da produção Nacional. Entretanto, essa cultura pode ser cultivada em várias regiões do País, encontrando-se plantios comerciais nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Ambientes com altas precipitações e muito úmidos, como a Amazônia e o Pantanal, não são adequados para o plantio da mamona.

A mamona apresenta produtividade média variando de 500 a 1.500 kg/ha, cujo percentual de óleo nas sementes de 43 a 45%, permite o rendimento em óleo na ordem de 500 a 900 kg/ha (CÂNDIDO, 2008).

De acordo com Bonfim *et al.* (2006) a casca de mamona apresenta, em sua composição química-bromatológica, 93,32% de matéria seca, 78,91% de matéria orgânica, 9,20% de proteína bruta, 19,89% de extrato etéreo, 42,45% de fibra em detergente neutro, 29,30% de fibra em detergente ácido, 13,14% de hemicelulose, 6,60% de lignina, 21,50% de celulose, 1,03% de cinza insolúvel e 73,18% de nutrientes digestíveis totais.

Um dos co-produtos do cultivo da mamona é a sua casca, obtida quando da colheita das sementes para a extração do óleo. Em virtude do potencial de produção decorrente do estímulo à fabricação de biodiesel a partir dessa oleaginosa, principalmente na região semiárido do Nordeste brasileiro, haverá alta disponibilidade desse material, que poderá ser aproveitado para geração de energia elétrica (RANGEL *et al.*, 2004).

Do resíduo da extração do óleo da mamona por meio de prensagem tem-se a torta, que pode ter diversos usos, como por exemplo, fonte de alimento para ruminantes e não ruminantes, e fonte de aminoácidos para os mais variados fins nutricionais (BOSE & WANDERLEY, 1988). De acordo com Azevedo & Lima (2001) a torta de mamona apresenta elevado teor protéico, e dependendo das condições de cultivo e da semente, para cada tonelada de óleo extraída ocorre a produção de 1,2 toneladas de torta.

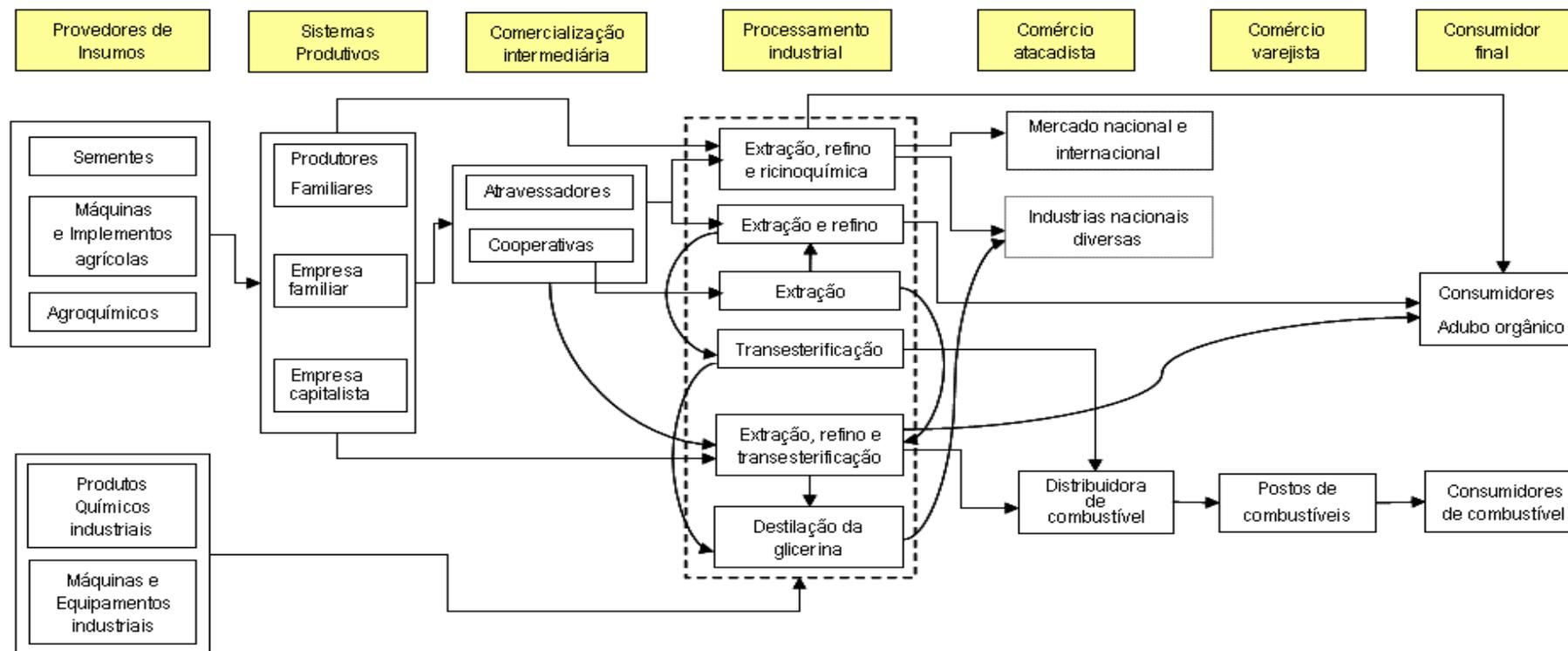
Da industrialização da mamona obtém-se, como produto principal, o óleo e, como co-produto, a torta, que possui, enquanto fertilizante, a capacidade de restauração de terras esgotadas, destacando-se seu emprego na Bahia, na lavoura fumageira. A torta da mamona pode ainda ser usada na composição de ração animal devido ao seu alto teor de proteínas (32 a 40 %), sendo necessário para tal fim um processo de desintoxicação do subproduto, pois a torta tem um alto grau de toxicidade (LEIRAS, 2006).

A torta de mamona produzida atualmente no Brasil, grande parte, destina-se à adubação orgânica, principalmente, para jardinagem, pois além de ser fonte de nitrogênio, fósforo e potássio, age como controladora de nematóides do solo (CÂNDIDO, 2008).

A Figura 02 mostra a cadeia produtiva da mamona, nela podemos ver os agentes que compõe este ambiente organizacional.

Modelo Segmentado da Cadeia Produtiva da Mamona no Brasil

Ambiente organizacional: cooperativas e associações de produtores, universidades e instituições de pesquisa & desenvolvimento, assistência técnica, instituições de crédito, indústria automotiva



Ambiente institucional: normas de qualidade, leis ambientais e regulatórias, tributação, políticas públicas

Fonte: CASTRO *et al.* (2008).

Figura 02: Modelo segmentado da Cadeia Produtiva da Mamona no Brasil.

Os principais países que compraram óleo de mamona brasileiro em 2008 foram os Países Baixos em primeiro lugar, comprando, exclusivamente, o óleo hidrogenado, em segundo a Argentina e em terceiro o Uruguai, ambos adquirindo óleo refinado e hidrogenado. O principal país fornecedor de óleo de mamona para o Brasil é a Malásia. Deste país todo óleo importado é do tipo hidrogenado. Da Índia, o segundo maior fornecedor, importa-se o óleo refinado (CONAB, 2009).

2.4 A PRODUÇÃO DE MAMONA NA BAHIA E NO VALE DO SÃO FRANCISCO

A mamoneira é a principal cultura para produção de matéria prima para o biodiesel no semiárido brasileiro. O maior produtor é o estado da Bahia que encerra cerca de 85% da produção nacional (ALBUQUERQUE *et al.*, 2008).

Segundo Beltrão (2004), atualmente a microrregião de Irecê, no estado da Bahia, é o centro de produção de mamona (*Ricinus communis L.*) de maior expressão, onde se plantou na safra de 2003/2004, mais de 110.000 hectares, por pequenos e médios produtores, com mais de 98% deles sem financiamento da produção pelos bancos oficiais de desenvolvimento, mostrando que com os preços praticados, a cultura é viável no semiárido brasileiro, e uma das poucas opções para os produtores que utilizam sistemas de produção de sequeiro. De acordo com o BELTRÃO, (2004) a região de Irecê tem 26.155 km², com 19 municípios e mais de 375.000 habitantes, apresentando altitude entre 600 a 800 metros, precipitação pluvial média de 586 mm/ano e temperatura média do ar em torno de 23°C, o ótimo ecológico para esta euforbiácea.

Em entrevista realizada com técnico-agrícola Ednaldo de Castro Campos, durante a elaboração deste projeto foi informado que na microrregião de Irecê, os produtores não utilizam sementes certificadas, o plantio é manual, o solo em geral é preparado com a grade aradora (muito negativo, pois promove erosão e compactação), o consórcio em geral é feito com feijão de arranca e às vezes com milho (contraindicado) e em geral planta-se o feijão e/ou milho para depois de 15 a 25 dias plantar a mamona. Ressaltou ainda que consorciando com outras culturas é

muito ruim para a oleaginosa, pois amplia a competição pelo substrato ecológico diminuindo sua produtividade.

De acordo com dados da companhia nacional de abastecimento – CONAB (2009), em Irecê o preço pago ao produtor no mês de janeiro de 2009 apresentou pequena variação comparando-se com o mês de dezembro de 2008 refletindo a estabilidade do mercado neste período, entretanto em relação ao ano passado neste mesmo período houve queda de 16,89%. No mercado atacadista comparando-se com o ano passado houve queda de 12,86%. Provavelmente nos primeiros meses de 2009 a redução nos preços continuará, pois o mercado está abastecido e a demanda diminuiu devido a crise na economia mundial. Em 2008 os preços se mantiveram elevados variando de R\$ 59,80 a R\$ 83,70 a saca com 60 kg.

As condições na principal região produtora foram favoráveis ao bom desenvolvimento da cultura, onde ocorreu uma boa colheita a partir do mês de março. De acordo com o 4º levantamento de grãos realizado pela CONAB em janeiro/09 para a safra 2008/09, a produção de mamona em bagas é de 130,9 mil toneladas representando acréscimo de 6,1% em relação à safra de 2007/08.

Familiares e assentados do Vale do São Francisco estão cultivando mamona, pensando no mercado de produção de sementes para o biodiesel, o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), pretende estimular o plantio da mamona no semiárido nordestino.

De acordo com o técnico da Embrapa José Alves Freitas em entrevista ao portal de informações do Ministério da Agricultura ressaltou que o plantio de mamona no Vale do São Francisco foi da variedade Paraguaçu. A escolha se deu por critérios técnicos, devido ser uma cultivar que combina precocidade e alta produtividade. Em 250 dias ela já está pronta para ser colhida. “Em condições de altitude entre 300 metros e com 600 mm de chuva, a variedade tem potencial para produzir de 1,5 mil a 2,5mil quilos por hectare em área de sequeiro e em plantio irrigado, a quantidade produzida pode alcançar entre 5 mil e 8 mil kg/ha”, garante o técnico.

Segundo pesquisadores da Embrapa, a região do Vale do São Francisco é propícia para o cultivo do produto e pode mudar a vida dos pequenos produtores através de geração de emprego e renda. A viabilidade do cultivo da mamona no semiárido pode despertar a atenção do Japão e de países da Europa, consumidores

de petróleo, que buscam combustíveis menos poluentes. Segundo dados da Agência Nacional do Petróleo (ANP), a estimativa atual da produção brasileira de biodiesel deve ser de 176 milhões de litros por ano (CEPLAC, 2005).

De acordo com (ALCÃNTARA, 2005) no ano de 2004 houve uma safra no Vale do São Francisco onde as 3 primeiras colheitas foram 43 toneladas. A produção média é de 1.800 kg/ha em sequeiro e 4.300 kg/ha com irrigação. Área de 520 ha plantados em 2003 passou para 860 ha em 2004, beneficiando 358 pequenos agricultores e 5 unidades empresariais, com geração de uma renda líquida média anual, de R\$ 773,00 a R\$ 1.349,00 por hectare, dependendo do sistema de plantio adotado (solteiro ou consorciado com milho e feijão).

Durante o ano de 2009 foram plantados 1.800 ha de mamona, contemplando 906 agricultores familiares, com maior atuação no Pólo do Sertão do São Francisco, com uma produtividade esperada em torno de 400 a 500 kg/ha, conseqüentemente uma produção de 720 toneladas (SILVA, 2010).

2.5 PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE MAMONA

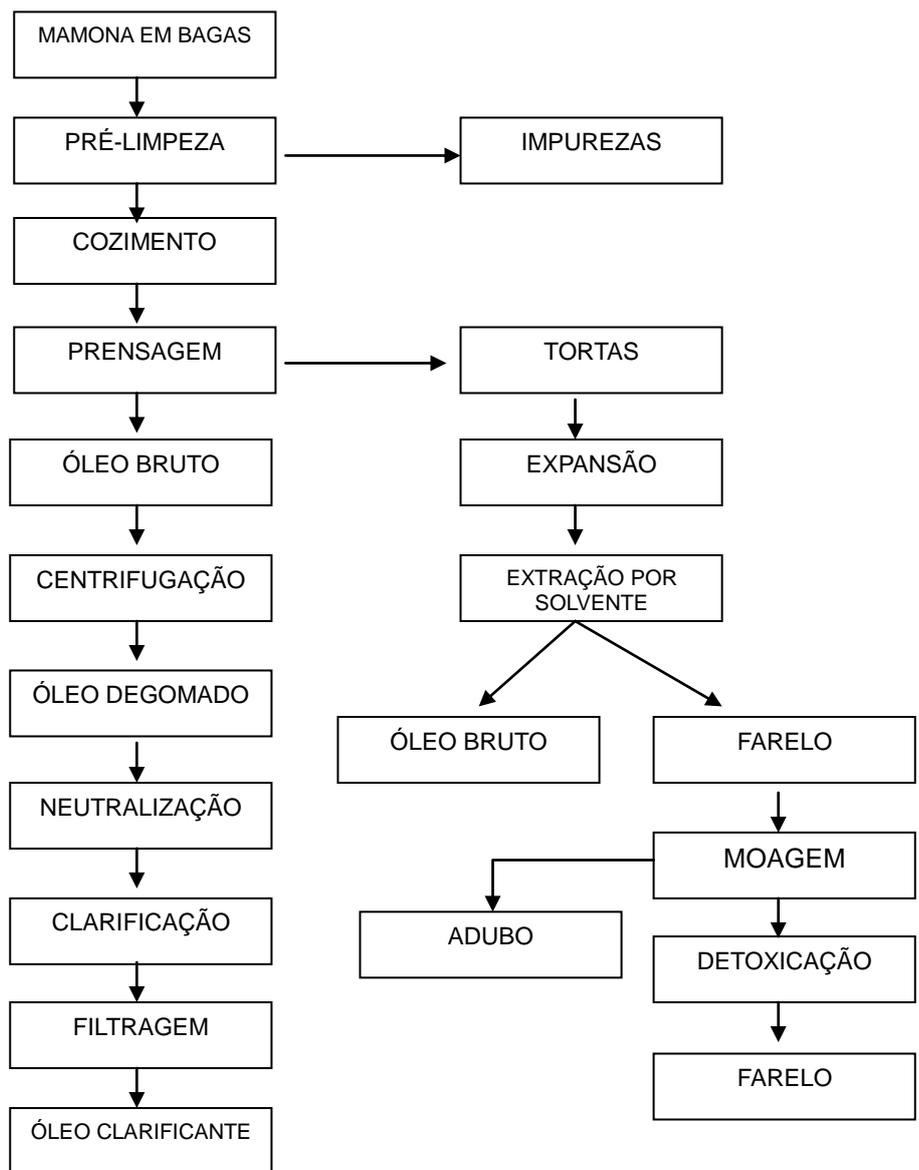
Industrialmente o óleo da mamona pode ser obtido por três processos diferentes. A prensagem a frio fornece um óleo de elevada pureza muito utilizado para fins medicinais. Enquanto isto a prensagem das bagas a quente fornece um óleo não tão puro, que geralmente é passado por um processo de purificação para remoção de gomas e substâncias corantes. O terceiro processo trata-se da extração por solvente, o qual é aplicado às tortas residuais de prensagem, em que o solvente mais utilizado é o hexano (HORWITZ, 2000).

A crescente preocupação com as mudanças climáticas globais e a associação estabelecida entre o aquecimento global e a queima de carbono fóssil, o aumento natural de preços do petróleo devido ao esgotamento das reservas de mais fácil exploração, são alguns dos fatores que favorecem o uso de biocombustíveis (CASTRO *et al.*, 2008). Sendo assim, a mamona se apresenta como uma matéria-prima para a produção de biocombustíveis.

Segundo Santos & Kouri 2006, no mercado internacional, o óleo da mamona é o principal produto comercializado, constituindo-se em matéria-prima industrial

utilizada para obtenção de inúmeros produtos. De forma geral, o óleo é consumido em todos os países do mundo.

Segundo dados coletados da companhia nacional de abastecimento (CONAB, 2009) a Índia é o principal país produtor, contribui com 68,2%, dominando, conseqüentemente, a produção de óleo. A China encontra-se em segundo lugar, sendo responsável por 14,6% da produção mundial que é totalmente destinada para o próprio consumo, e o Brasil vem em terceiro com 9,2%. Estes três países produzem 92% de toda mamona comercializada no mundo. Na Índia, a crise global tem causado reduções nas exportações do óleo de mamona, contribuindo para queda do seu preço. Os contratos de exportações estão sendo estendidos, pois os países importadores estão adiando o recebimento do óleo, devido ao enfraquecimento da demanda, ocasionada pela recessão global, além da crise na indústria automobilística que causa impacto sobre a demanda deste óleo, pois o mesmo encontra várias aplicações no setor, sendo especialmente usado como lubrificante.



Fonte: Adaptada de LEIRAS, 2006.

Figura 03: Fluxograma da extração do óleo.

O processo de extração do óleo de mamona desde matéria-prima até seu produto final a exemplo de óleo lubrificante e sua torta finalizando como adubo é mostrado no fluxograma da extração de óleo de mamona (Figura 03).

A torta resultante da extração do óleo de mamona se apresenta como adubo de excelência, encontrando aplicações ideais na fruticultura, horticultura e floricultura que são atividades importantes e crescentes nos perímetros irrigados nordestinos.

2.6 MAMONA PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL

A crescente preocupação com as mudanças climáticas globais e a associação estabelecida entre o aquecimento global e a queima de carbono fóssil, o aumento natural de preços do petróleo devido ao esgotamento das reservas de mais fácil exploração, são alguns dos fatores que favorecem o uso de biocombustíveis (CASTRO *et al.*, 2008). Sendo assim, a mamona se apresenta como uma matéria-prima para a produção de biocombustíveis.

No Brasil, as pesquisas com biodiesel, iniciaram-se em meados de 1980, com os trabalhos do professor Expedito Parente, que é autor da patente PI – 8007957, primeira patente no planeta de biodiesel e de querosene vegetal de aviação (MOREIRA *et al.*, 2008).

O biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis e pode ser produzido a partir de gorduras animais, óleos e gorduras residuais ou de óleos vegetais (LEIRAS, 2006).

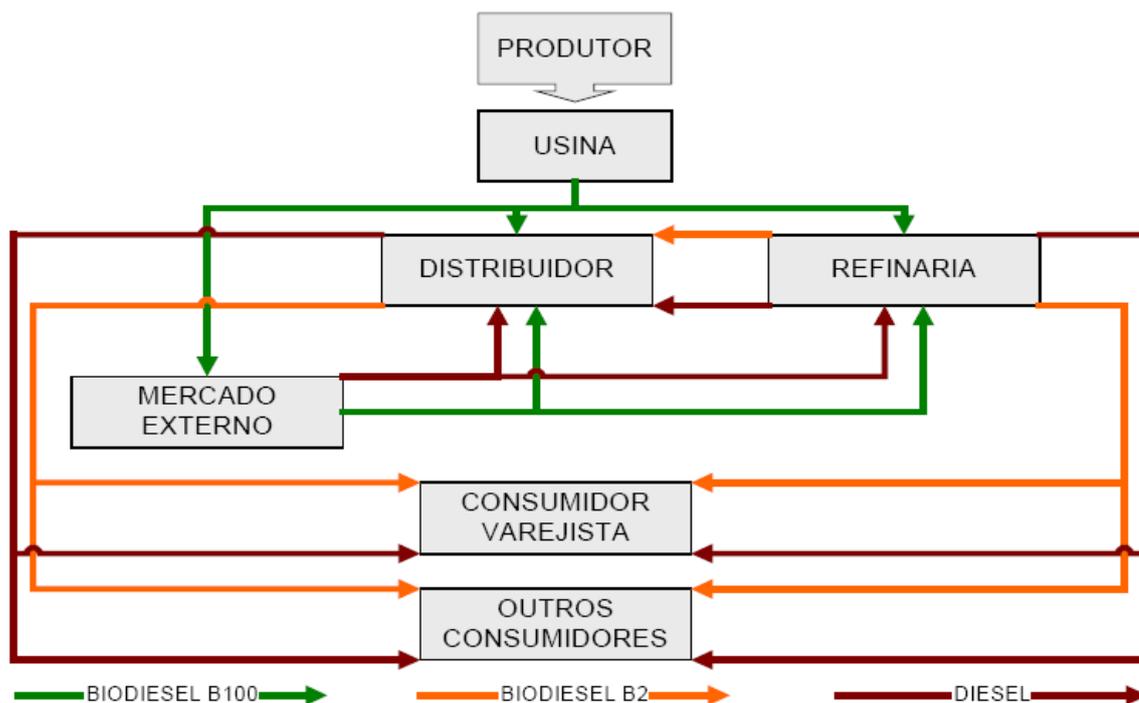
O biodiesel se comparado com o óleo diesel derivado de petróleo é menos poluente, pois reduz em 78% as emissões de gás carbônico, considerando que a um consumo de CO₂ na etapa de cultivo das oleaginosas (AMORIM, 2005).

O óleo da mamona tem 30% a mais de lubricidade do que os demais óleos podendo substituir o enxofre, em 100%, no diesel mineral, sendo assim um óleo especial e com mercado garantido no mundo moderno (BELTRÃO, 2004).

Além dos benefícios ambientais, pode-se ter vantagens econômicas para o Brasil, podendo enquadrar o biodiesel no protocolo de Kyoto e nas diretrizes dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL, e , havendo assim a possibilidade da cota de carbono (HOLANDA, 2004).

A Lei 11.097 de 13/janeiro/2005 introduz o biodiesel na matriz energética brasileira e estabelece o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo Diesel fixado em 2% (B2) desde janeiro/2008. Para 2013 a adição prevista era de 5% (B5) obrigatório e 8% (B8) facultativo (DRUMMOND *et al.*, 2008). Entretanto, a partir de janeiro de 2010 já está obrigatória a mistura B5 (MME, 2009).

A Figura 04 apresenta os elos da cadeia do biodiesel partindo da produção de grãos, passando pela extração do óleo e a produção do biodiesel tendo como base os grãos, chegando até a distribuição e a revenda ao consumidor.



Fonte: AMORIM, 2005.

Figura 05: Estrutura de Suprimento e Comercialização de Biodiesel.

O Governo Federal prevê investimentos para o período de 2008 a 2012 de US\$364 milhões, e que se tenha alcançada uma estrutura de processamento de biodiesel com 25 plantas de médio porte e 13 plantas de grande porte. E dando continuidade aos investimentos, a partir de 2013 os investimentos totais acumulados sejam de US\$411 milhões (Amorim, 2005).

2.7 GARANTIA DA QUALIDADE DO PRODUTO

O conceito de qualidade sofreu ao longo dos anos mudanças significativas, deixando de estar baseada na realização de ações isoladas e com pequenas melhorias para atuar como um diferencial estratégico. Atualmente é responsável pela sobrevivência não só das empresas, mais, também, de produtos, processos e pessoas (PALADINI, 2005).

Segundo Feigenbaum (1994) qualidade é a combinação de características de produtos e serviços referentes a marketing, engenharia, produção e manutenção, buscando atender as expectativas do cliente. Para garantir a competitividade e a qualidade de processos é necessário integrar as diversas ações nas mais variadas

áreas, para que estas conduzam a empresa ou os processos à resultados melhores e duradouros (CORDEIRO , 2004). O comprometimento com a qualidade deve ser de todos os elos de uma cadeia produtiva, a garantia de produtos com qualidade inicia-se com a entrega de matéria prima que atenda as normas do setor e com qualidade garantida (COSTA, 2009).

Ribeiro & Seravalli (2004), revelam que o estado de conservação do óleo está intimamente relacionado com a natureza e qualidade da matéria-prima, com a qualidade e o grau de pureza do óleo, com o processamento e, principalmente, com as condições de conservação, pois a decomposição dos glicerídeos é acelerada por aquecimento e pela luz, enquanto a rancidez é quase sempre acompanhada da formação de ácido graxo livre.

A acidez de um óleo é uma das principais características e tem importante impacto sobre seu preço e aproveitamento na indústria química. Vários fatores podem influenciar a acidez do óleo, mas o principal é o tratamento dado ao produto durante a colheita e o armazenamento (ARAUJO, 2006).

Em geral, as viscosidades dos óleos decrescem ligeiramente com o aumento da insaturação, pois a hidrogenação provoca um pequeno aumento da viscosidade (ALVARADO, 2001). Conforme Costa Neto *et al.* (2000) em estudos de especificações de alguns óleos vegetais “*in natura*”¹ encontraram viscosidade de 296,87 MPa.s para o óleo de mamona a uma temperatura de 37,8°C, maior viscosidade encontrada quando comparados aos óleos de babaçu, dendê e pequi, característica atribuída a presença de um maior teor de hidróxi-ácidos no óleo de mamona.

A cultura da mamoneira apresenta-se como uma alternativa de grande importância econômica e social ao semiárido nordestino, pois devido suas características tem capacidade de produzir relativamente bem até em condições de baixa precipitação pluviométrica, além de apresentar um bom mercado consumidor, pode ser consorciada com outras culturas, tornando-se assim uma excelente opção para a agricultura familiar desta região (BELTRÃO *et al.*, 2003).

Como podemos observar, várias são as características que influenciam na qualidade do óleo de mamona onde podemos estudar sua melhor qualidade.

Sendo assim, a preocupação com a qualidade do óleo deve iniciar com a garantia da matéria prima de boa procedência, neste caso da semente de mamona.

Óleos adulterados, ou fora dos padrões de qualidade podem causar severos danos ao motor ou coproduto dessa oleaginosa. Portanto a suscetibilidade à oxidação dos óleos e sua acidez, requer pesquisas específicas que garantam sua adequada aplicação como matéria-prima na fabricação de outros produtos, como no caso do biodiesel. Neste contexto, o trabalho desenvolvido teve como preocupação o estudo da extração do óleo de mamona com monitoramento de sua qualidade.

Segundo Bueno (2009), a viscosidade é uma importante propriedade para determinar o comportamento do combustível no sistema de injeção do motor, consistindo em uma medida da resistência interna ao escoamento do líquido influenciando no sistema de injeção de combustível do motor, além de afetar a sua potência. Em relação ao diesel convencional, os óleos vegetais apresentam valores de viscosidade bastante elevados, podendo excedê-lo em até 100 vezes, como no caso do óleo de mamona (MIC, 1985). De acordo com a literatura foi observado que o óleo de mamona apresenta viscosidade de $289,57 \text{ mm}^2/\text{g}^{-1}$, já para o biodiesel de mamona foi encontrado uma viscosidade de $17,42 \text{ mm}^2/\text{g}^{-1}$ (candeia, 2009).

A maioria dos óleos vegetais e gorduras que podem ser usados como matéria-prima para produção do biodiesel são susceptíveis ao processo de oxidação, em função da presença de ácidos graxos insaturados, que exibem uma elevada tendência à oxidação também conhecido como processo de rancidez oxidativa (TAVARES, 2009). Os óleos vegetais que contêm triacilgliceróis de estrutura predominantemente insaturada, sofrem reações de oxidação. O aquecimento a temperaturas próximas de 250°C ocasionam reações complementares de decomposição térmica, cujos resultados podem, inclusive, levar à formação de compostos poliméricos mediante reações de condensação (CONDE, 2007).

Ainda segundo Tavares (2009), o biodiesel dos óleos vegetais pode oxidar por diversos mecanismos e cita como exemplos: reações hidrolíticas, oxidação enzimática, fotoxidação e autoxidação. Reações hidrolíticas são catalisadas pelas enzimas lipase ou pela ação de calor e umidade, com formação de ácidos graxos livres (BARREIRA-ARELLANO, 1993).

Na oxidação enzimática as reações ocorrem pela ação das enzimas lipoxigenases que atuam sobre os ácidos graxos poliinsaturados, catalisando a adição de oxigênio à cadeia hidrocarbônica poliinsaturada. O resultado é a formação

de peróxidos e hidroperóxidos com duplas ligações conjugadas, que podem envolver-se em diferentes reações degradativas (SILVA *et al*, 1999).

A fotoxidação é promovida essencialmente pela radiação UV em presença de sensibilizadores (clorofila, mioglobina), e envolve a participação de oxigênio singleto como intermediário reativo (SILVA *et al*, 1999). Segundo Santos *et al* (2009), o oxigênio singleto reage com as duplas ligações formando hidroperóxidos, e em seguida cetonas as constituem um dos vilões para a aplicação do biodiesel em motores.

A autoxidação é um processo dinâmico que evolui ao longo do tempo envolvendo reações radicalares capazes de auto-propagação, e que dependem do tipo de ação catalítica (temperatura, íons metálicos, radicais livres, pH) (SILVA *et al*, 1999).

A estabilidade oxidativa é a resistência à oxidação e é expressa pelo período de indução – tempo entre o início da medição e o momento que ocorre um aumento brusco na formação de produtos da oxidação que é dado em horas (ALMEIDA, 2007).

Trabalho teórico desenvolvido por membros da equipe mostraram a seguinte ordem de estabilidade à oxidação dos ésteres de ácidos graxos componentes de oleaginosas: ricinoleico > oleico > linoleico > γ -linolenico > α -linolênico (ALBERTIN *et al.*, 2009). Segundo esta ordem o biodiesel da mamona é menos susceptível a oxidação. De modo que do ponto de vista dos problemas com longos períodos de armazenamento, o óleo de mamona para produção do biodiesel pode ser um caminho promissor (SANTOS *et. al.*, 2011). Neste estudo os resultados dos tempos de indução dos óleos de mamona extraídos foram comparados com a previsão teórica.

No Brasil o limite adotado de acordo com a norma (EN 14112) para estabilidade oxidativa é de no mínimo 6 (seis) horas (MELO, 2008). De acordo com Assakawa (2002), a estabilidade oxidativa do óleo de soja foram em valores médios (10 repetições) para o teste no Rancimat, variaram de 7,09h até 18,39h .

Segundo Melo (2008), o biodiesel de mamona apresentou tempo de indução igual 6,7horas, de modo que se manteve dentro dos padrões de qualidade.

2.8 A IMPORTÂNCIA ECONÔMICO-SOCIAL DA MAMONA

O Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL) foi um programa que apresentou pontos positivos nos aspectos referentes à substituição da dependência do petróleo, em contrapartida gerou pontos negativos como externalidades ambientais e sociais. As regiões que despontaram como produtoras de álcool e açúcar eram formadas por latifúndios, substituindo a agricultura familiar pela monocultura (AMORIM, 2005).

O modelo do PROALCOOL gerou um contingente de 1,2 milhão de trabalhadores informais ocupados somente nas safras e submetidos a condições de insalubridade e injustiça social (AMORIM, 2005).

De acordo com Vieira (2006), o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) foi concebido para ser instrumento de fomento à introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, priorizando a participação da agricultura familiar na produção de matérias-primas.

Com o objetivo de não cometer os erros do PROALCOOL, o governo criou o Selo Combustível Social. Segundo Campos & Carmelio (2006) o Selo Combustível Social é um componente de identificação concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário aos produtores de biodiesel que promovam a inclusão social e o desenvolvimento regional por meio da geração de emprego e de renda para os agricultores familiares enquadrados nos critérios do PRONAF. O produtor com selo social tem obrigações de:

- Fazer a aquisição da matéria-prima para a produção de biodiesel de agricultor familiar em quantidades determinadas pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário;
- Realizar contratos com os agricultores familiares, acordando condições comerciais que proporcionem renda e prazos condizentes com a atividade;
- Proporcionar assistência e capacitação técnica para os agricultores familiares.

Sendo assim, o produtor de biodiesel será beneficiado por políticas públicas específicas voltadas para promover a produção, inclusão social e desenvolvimento regional e pode utilizar o selo para fins de promoção comercial. As empresas possuidoras do “Selo Combustível Social” terão tratamento tributário e acesso a financiamentos diferenciados (AMORIM, 2005).

Segundo Praça *et al.* (2006), a agricultura familiar tem uma capacidade enorme de gerar empregos, além de necessitar de baixos investimentos. De acordo com a Associação Brasileira de *Agribusiness*, a quantidade de empregos gerados em determinados setores, por milhão de reais, é expresso na Tabela 01.

Tabela 01: Quantidade de empregos gerados com investimento de R\$ 1,0 milhão.

Setor	Empregos
Agricultura familiar da mamona	202
Indústria química	113
Construção civil	111
Refino do petróleo	78
Comércio	25
Agronegócio da soja (mecanização agrícola)	12,5

Fonte: (PRAÇA *et al.*, 2006).

Diante disso, Praça *et al.* (2006) ressalta que para cada real investido na agricultura familiar do Nordeste, é possível gerar um acréscimo de renda de R\$2,24. A importância do óleo de mamona é evidenciada através da larga aplicação industrial, cujos derivados são sintetizados pela atuação de reações na molécula do grupo hidroxila.

Em termos quantitativos, tem-se o maior uso na fabricação de tintas, vernizes, cosméticos e sabões, destacando-se como lubrificantes, devido ao seu poder de permitir a queima sem deixar resíduos nem perder viscosidade, superando os derivados de petróleo, ideal, portanto, para motores de alta rotação (COELHO, 1979).

Ele tem 30% a mais de lubricidade que os outros óleos, podendo reduzir a emissão de diversos gases causadores do efeito estufa, a exemplo do gás carbônico e enxofre. Conclui-se, este tratar-se de um óleo especial e com mercado garantido no mundo moderno (BELTRÃO, 2003). Também pode ser utilizado como aditivo colocado nos tanques de aviões e foguetes, permitindo impedir que o querosene se congele em vôos de 5000 metros sempre que a temperatura desça a 50º abaixo de zero (CARVALHO, 1991).

Segundo Fornazieri Júnior (1986) sua superioridade é consequência da alta resistência ao escoamento e de sua forte viscosidade, que se conjugam na

formação da película envolvente e isoladora do contato direto da superfície do equipamento em que é usado.

Reconhecido como o petróleo verde, o óleo de mamona pode ser utilizado como fonte energética renovável, em substituição ao óleo diesel e, com base em pesquisas de desenvolvimento de novas tecnologias, o óleo é considerado, também, matéria-prima do futuro, já que a mamona é uma planta adaptada ao solo brasileiro podendo ser cultivada em qualquer parte do País (CHIERICE & CLARO NETO, 2001).

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

3.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa realizada foi de natureza metodológica e de natureza bibliográfica e experimental. Segundo Vergara (1997), uma pesquisa metodológica é o estudo que se refere a instrumentos de captação ou de manipulação da realidade, está, portanto associada a caminhos, formas, maneiras e procedimentos para atingir determinado fim.

A pesquisa bibliográfica trata-se do estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral.

Finalmente a pesquisa experimental é uma investigação empírica na qual o pesquisador manipula e controla variáveis independentes e observa as variações que tal manipulação e controle produzem em variáveis dependentes.

3.2 MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada coleta de dados referentes ao número de cooperativas existentes no Pólo São Francisco, entre as quais foram obtidas as sementes da variedade Paraguaçu necessárias para este estudo, provenientes de assentamentos do município de Petrolina – Núcleo de Produção: Lagoa dos Mendes e Rajada, de Orocó – Assentamento Juventude, de Santa Maria da Boa vista – Núcleos de produção Vitória I e II, de Dormentes – Núcleo de produção Casa Nova e de Cabrobó – Núcleo de produção Eloita Pereira em parceria com Ministério do Desenvolvimento Agrário/Petrobrás. Atualmente estas cooperativas estão comercializando a semente em parceria com a Petrobrás com a finalidade de ser utilizado como matéria-prima para a produção de biodiesel.

Toda a pesquisa experimental foi realizada no Laboratório de Processos Químicos (LPQ) da UNIVASF. Esta etapa do trabalho consistiu na extração do óleo em escala de bancada ou laboratorial com extrator do tipo soxhlet este equipamento,

utiliza refluxo de solvente em um processo intermitente (ver Figura 06) com variedades de sementes produzidas no Pólo São Francisco.

Para a otimização do processo de extração do óleo foi avaliado o rendimento em função da utilização de solvente etanol anidro, etanol hidratado e o hexano. Este último é o solvente mais comumente utilizado industrialmente (HORWITZ, 2000). Foram determinados ainda a temperatura e o tempo necessários para um maior rendimento do processo.

O monitoramento da qualidade foi feito através da determinação do índice de acidez e estabilidade à oxidação de amostras do óleo extraído das sementes. A determinação do índice de acidez foi realizada através de titulação convencional. O índice de acidez corresponde à quantidade (em mg) de base (KOH ou NaOH) necessária para neutralizar os ácidos graxos livres presentes em 1g de óleo de mamona e a estabilidade à oxidação do óleo de mamona trata-se de uma medida da sua suscetibilidade à oxidação devido a luz ou calor. Esta análise foi realizada utilizando o rancimat 873 - norma EN14112 (Figura 07).

Com a análise comparativa objetivou-se avaliar a viabilidade do processo de produção de óleo de mamona no Pólo São Francisco, que a priori não apresenta competitividade, necessitando de incentivos para a sua consolidação, pois é um processo de produção inexistente no Vale do São Francisco.



Fonte: próprio autor.

Figura 06: Extrator do tipo soxhlet utilizado para extração de óleo por solvente em escala de bancada.



Fonte: próprio autor.

Figura 07: Equipamento utilizado para determinação da estabilidade à oxidação - Rancimat 873.

3.3 EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE MAMONA

Os materiais avaliados foram sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) da cultivar comercial na variedade tipo Paraguaçu produzidas na região do Vale do São Francisco no município de Orocó do projeto Pólo Sertão. As sementes de mamona secas ao ar foram maceradas usando um almofariz com pistilo. Deste material foram recolhidos aproximadamente 13 gramas em cada cartucho de extração, transferido em seguida para o extrator do tipo Soxhlet. O sistema foi então submetido a aquecimento as temperaturas de 80°C, 95°C, 110°C e 125°C, e todos colocados submersos em 100mL de etanol anidro, etanol hidratado (etanol de posto de gasolina) e o hexano separadamente além de submetidos a diferentes tempos de extração (5,6,7 e 8 horas).

O solvente foi recuperado por destilação utilizando o evaporador rotativo, cuja água de resfriamento será mantida sob recirculação, eliminando o desperdício de água. A recuperação do solvente reduz perdas e poluição do meio ambiente.

Para otimização foi realizado planejamento univariável no sentido de determinar qual o melhor tempo e temperatura para cada solvente. Sendo a análise

do melhor solvente feita em função dos rendimentos em óleo, custo e toxicidade dos mesmos.

3.4 TESTE DE ACIDEZ

Para a realização do teste de acidez das amostras foi utilizado o método de titulação convencional (Equação 1). O índice de acidez corresponde à quantidade de base (KOH ou NaOH) necessária para neutralizar os ácidos graxos livres presentes em aproximadamente 1g de óleo de mamona (Araújo, 2006).

$$IA = \frac{V \times f \times 5,61}{m} \quad (1)$$

Em que:

IA = índice de acidez (mg de KOH/g de óleo)

V = volume de NaOH gasto na titulação (mL)

f = fator de correção da solução (0,1)

5,61 = equivalente-grama do KOH

m = massa da amostra (g)

3.5 ESTABILIDADE À OXIDAÇÃO

Foi determinado neste trabalho o tempo de indução ou a estabilidade à oxidação das diferentes amostras de óleo de mamona extraído com o extrator do tipo Soxhlet em escala de bancada utilizando o equipamento Rancimat 873 (Figura 07).

Neste método, as amostras das misturas de óleo são expostas a um fluxo de ar e uma temperatura constante de 110°C, fazendo com que os produtos da oxidação voláteis sejam transferidos para uma célula de medida que contém uma solução de absorção (água deionizada). Na célula de medida a condutividade é

constantemente registrada por um eletrodo e assim os ácidos orgânicos proveniente da oxidação podem ser detectados pelo aumento da condutividade.

3.6 VIABILIDADE ECONÔMICA

Para avaliar a viabilidade do processo de produção de óleo de mamona no Pólo São Francisco foram utilizados os indicadores de custo médio (CM), preço de venda, faturamento (RT), lucro total (LT) e a margem de lucro (m) para desenvolvimento de uma análise comparativa na produção e venda da semente de mamona em relação a produção de semente e comercialização do óleo de mamona com implementação de uma indústria processadora de óleo de mamona na região do Vale do São Francisco (Equações 2-5).

$$CMe = \frac{P}{Q} \quad (2)$$

$$RT = P \times Q \quad (3)$$

$$LT = RT \times CT \quad (4)$$

$$m = \frac{P}{CMe} - 1 \quad (5)$$

Onde:

CMe = custo médio;

P= preço de venda;

Q= quantidade;

RT= faturamento;

LT= lucro total;

CT= custo total;

m= margem de lucro.

Para o cálculo dos indicadores foi realizado levantamento de todos os custos e equipamentos necessários para o funcionamento da unidade de extração de óleo,

capacidade de produção, coeficientes técnicos, necessidade de insumos, custos variáveis e mão-de-obra necessária para o processamento do óleo. A capacidade de produção bem como seus custos para funcionamento da máquina processadora de oleaginosa foram adquiridos através da INTECNIAL S.A., indústria fabricante da máquina processadora de oleaginosas assim como seus coeficientes técnicos (consumo de energia). Os custos de produção de semente de mamona foram conseguidos através da EBDA onde já foram feitas pesquisas na área e com relação ao preço de venda da semente de mamona foi feita uma média de janeiro a novembro de 2010 com preços do mercado fornecidos pela CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento.

Com a implantação de unidades de extração do óleo, espera-se um aumento da produção no Vale do São Francisco, assim como a economia poderá vir a estabelecer uma estrutura mais rentável proporcionando um maior benefício social envolvendo as comunidades locais.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

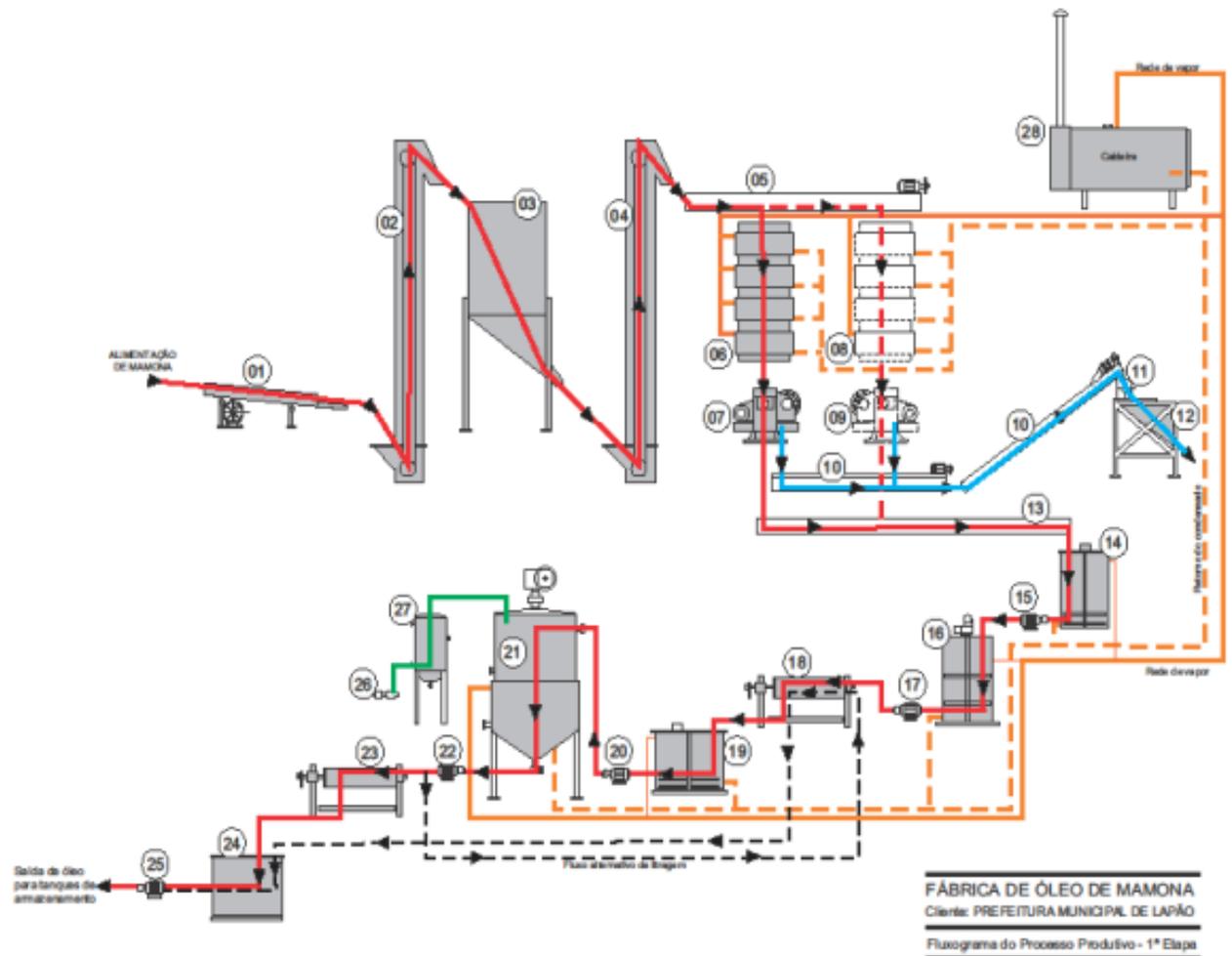
4.1 EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE MAMONA

Para execução deste trabalho, inicialmente, foi descrito todo o processo (Figura 08) em escala industrial através da realização de visita a esmagadora de óleo de mamona na cidade de Lapão-BA, que é gerenciada pela cooperativa do território de Irecê. Nesta esmagadora é utilizada a extração por prensagem contínua a quente sem utilização de solvente. Neste processo, a prensagem das bagas a quente fornece um óleo com impurezas, que geralmente é passado por um processo de purificação para remoção de gomas e substâncias corantes (HORWITZ, 2000). De acordo com a pesquisa bibliográfica, devido ao elevado valor dos óleos vegetais, a produção em escala industrial não pode prescindir da extração por solvente, pois no processo mecânico de prensagem, mesmo sob alta pressão, resta na torta residual uma fração de cerca de 5% do óleo contido no material extraído, percentual que se reduz a aproximadamente 0,5% quando solventes orgânicos são utilizados (ANTHONISEN, 2006).

No sentido de promover a máxima extração, um dos objetivos desse estudo consistiu na otimização do processo em escala de bancada, através da determinação do melhor tempo, temperatura e solvente, levando em consideração o aspecto do custo (Anexo 02) e toxicidade (Anexo 01) para escolha do solvente. Este estudo permitiu estabelecer o ponto de operação com melhor rendimento em extração de óleo através de testes com pequenas quantidades de matéria-prima, possibilitando um adequado *scale-up*¹. Os resultados obtidos podem ser utilizados tanto para extração com solvente como para a extração contínua a quente seguida da extração com solvente.

1

Scale-up: é o processo de trabalho que permite passar de uma escala de laboratório ou piloto de desenvolvimento para uma escala ampliada de produção.



Convenções

- Fluxo produção de óleo 1ª etapa - - - - -
- Fluxo produção de óleo 2ª etapa - - - - -
- Fluxo produção de torta - - - - -
- Fluxo processo de vácuo - - - - -
- Rede de alimentação de vapor - - - - -
- Retorno de vapor condensado - - - - -
- Fluxo alternativo de filtragem - - - - -

Fluxograma de Produção

- 01 Peneira de pré-limpeza
- 02 Elevador de caneca
- 03 Silo pulmão de mamona
- 04 Elevador de caneca
- 05 Rosca transportadora de mamona
- 06 Cozinhador nº01
- 07 Prensa nº01
- 08 Cozinhador nº02 (2ª etapa)
- 09 Prensa nº02 (2ª etapa)
- 10 Rosca transportadora de torta
- 11 Moinho de martelo
- 12 Silo pulmão de torta
- 13 Canaleta transportadora de óleo
- 14 Tanque de óleo bruto prensado
- 15 Bomba de engrenagem
- 16 Tanque pulmão hidratador
- 17 Bomba de engrenagem
- 18 Filtro prensa nº01
- 19 Tanque deposito de óleo bruto filtrado
- 20 Bomba de engrenagem
- 21 Tanque branqueador
- 22 Bomba de engrenagem
- 23 Filtro prensa nº02
- 24 Tanque deposito de óleo clarificado
- 25 Bomba de engrenagem
- 26 Bomba de vácuo
- 27 Trocador de calor
- 28 Caldeira

Fonte: Cooperativa da agricultura familiar do território de Irecê – COAFTI.

Figura 08: Fluxograma do processo de extração de óleo da esmagadora de óleo de mamona da cidade de Lapão-BA.

Os resultados obtidos para otimização e determinação do percentual de óleo presente na variedade BRS Paraguaçu estão sumarizados nas Tabelas 03 a 12.

O experimento realizado para determinar a percentagem de casca e amêndoa contida na semente de mamona (Tabela 02) mostrou que cerca de 22% da semente corresponde a casca e 78% de amêndoa. O percentual de casca é menor do que aquele obtido por Freire *et al.* (2001), segundo os quais a semente da mamona, em termos médios, é constituída por 65% de amêndoa e 35% de casca. Freire *et al.* (2001) argumentam que esta variação do percentual de casca depende de vários fatores, como condições climáticas, semente do plantio, espaçamento entre as plantas, altitude e outros. Cita ainda que a semente de alto rendimento possui mais de 70% de amêndoa.

Tabela 02: Dados dos experimentos realizados para determinação do percentual de casca e de torta na semente de mamona da variedade BRS Paraguaçu.

Experimento	Massa de semente (g)	Massa de casca (g)	Massa da amêndoa (g)	% Casca	% Amêndoa
1	0,7730	0,1570	0,6072	20,31	78,55
2	0,7507	0,1765	0,5743	23,51	76,50
3	0,7930	0,1759	0,6178	22,18	77,90
4	0,7530	0,1527	0,5991	20,27	79,56
5	0,7241	0,1627	0,5610	22,46	77,47
Média				21,75	78,00

Fonte: Próprio autor.

Para determinação do ponto de operação em termos do melhor tempo, temperatura e solvente foram analisados os resultados para os tempos e temperaturas fixando inicialmente o solvente etanol anidro (Tabelas 03-06).

A análise dos resultados mostrou que a extração realizada a 80°C permite obter uma melhor extração com o tempo de 7 horas, extraíndo 42,90% de óleo

(Tabela 03), utilizando a temperatura de 95°C foi obtido maior percentual de óleo para o tempo igual a 7 horas (41,72%), podendo observar também que entre 6 e 8 horas não há diferença significativa (Tabela 04). O aumento da temperatura para 110°C conduziu a um aumento significativo considerando a produção da cooperativa de aproximadamente 720 toneladas ao ano, permitindo obter 52,21% após 7 horas de extração (Tabela 05). Finalmente, a 125°C de temperatura foi extraído 50,08% de óleo da mamona. Nesta temperatura o percentual extraído foi praticamente o mesmo entre 6 e 8 horas (Tabela 06).

Tabela 03: Extração do óleo de semente com casca a 80°C com 100 mL de etanol.

Experimento	Tempo no extrator (h)	Massa da semente com casca (g)	Massa do óleo (g)	% de óleo na massa da semente
1	5	13,8681	4,0098	29,68
2	6	13,8687	4,1172	35,74
3	7	13,8619	5,9540	42,90
4	8	13,8691	5,8004	41,82

Fonte: Próprio autor.

Tabela 04: Extração do óleo de semente com casca a 95°C com 100 mL de etanol.

Experimento	Tempo no extrator (h)	Massa da semente com casca (g)	Massa do óleo (g)	% de óleo na massa da semente
1	5	13,8571	5,4576	39,38
2	6	13,8590	5,6918	41,06
3	7	13,8579	5,7821	41,72
4	8	13,8426	5,7708	41,69

Fonte: Próprio autor.

Tabela 05: Extração do óleo de semente com casca a 110°C com 100 mL de etanol.

Experimento	Tempo no extrator (h)	Massa da semente com casca (g)	Massa do óleo (g)	% de óleo na massa da semente
1	5	13,88	5,9343	42,74
2	6	13,8722	6,1421	44,27
3	7	13,8709	7,2426	52,21
4	8	13,8767	6,1525	44,34

Fonte: Próprio autor.

Tabela 06: Extração do óleo de semente com casca a 125°C com 100 mL de etanol.

Experimento	Tempo no extrator (h)	Massa da semente com casca (g)	Massa do óleo (g)	% de óleo na massa da semente
1	5	13,8580	6,4130	46,27
2	6	13,8598	6,8958	49,75
3	7	13,8554	6,9395	50,08
4	8	13,2009	6,5791	49,83

Fonte: Próprio autor.

Os resultados da otimização do processo com utilização de etanol anidro mostraram que o ponto de operação a ser praticado corresponde aquele apresentado na Tabela 07.

Tabela 07: Variáveis operacionais e percentual de óleo extraído com utilização de etanol anidro.

Temperatura (°C)	Tempo (h)	Percentual de óleo extraído (%)
110	7	52,21

Fonte: Próprio autor.

A determinação das variáveis operacionais para extração com hexano foi realizada com base nos resultados apresentados nas tabelas 08-10, cuja análise mostra que a extração realizada a 95°C permite obter uma melhor extração com o tempo de 7 horas, extraíndo 44,84% de óleo (Tabela 08), o aumento da temperatura para 110°C conduziu a um aumento significativo no percentual de óleo extraído, permitindo obter 49,90% após 7 horas de extração (Tabela 09), e para o experimento a 125°C de temperatura foi extraído 50,81% de óleo da mamona também com o tempo de 7 horas, podendo observar também que na extração com 8 horas não há diferença significativa, ocorrendo um pequeno decréscimo (Tabela 10). Portanto o aumento no tempo de extração acarreta maior custo e não leva a melhores resultados.

Tabela 08: Extração do óleo de semente com casca a 95°C com 100 mL de hexano.

Com casca	Tempo no extrator (h)	Massa da semente com casca (g)	Massa do óleo (g)	% de óleo na massa da semente
1	5	13,7681	5,5359	40,21
2	6	13,5473	5,4967	40,57
3	7	13,8836	6,2258	44,84
4	8	13,7564	6,0291	43,83

Fonte: Próprio autor.

Tabela 09: Extração do óleo de semente com casca a 110°C com 100 mL de hexano.

Com casca	Tempo no extrator (h)	Massa da semente com casca (g)	Massa do óleo (g)	% de óleo na massa da semente
1	5	13,8685	6,0959	43,92
2	6	13,8773	6,0967	43,93
3	7	13,8783	6,9258	49,90
4	8	13,8795	6,6291	47,80

Fonte: Próprio autor.

Tabela 10: Extração do óleo de semente com casca a 125°C com 100 mL de hexano.

Com casca	Tempo no extrator (h)	Massa da semente com casca (g)	Massa do óleo (g)	% de óleo na massa da semente
1	5	13,2580	5,9130	44,60
2	6	13,5528	6,3958	47,19
3	7	13,6574	6,9388	50,81
4	8	13,2349	6,6790	50,47

Fonte: Próprio autor.

Os resultados da otimização do processo com utilização de hexano como solvente mostraram que o ponto de operação a ser praticado corresponde aquele apresentado na tabela 11. Percebemos uma diferença de menos de 1% com relação à temperatura de 125°C isso se torna significativo quando tem um acréscimo nos custos de produção.

Tabela 11: Variáveis operacionais e percentual de óleo extraído com utilização de hexano..

Temperatura (°C)	Tempo (h)	Percentual de óleo extraído (%)
110	7	49,90

Fonte: Próprio autor.

A determinação das variáveis operacionais para extração com hexano foi realizada com base nos resultados apresentados nas Tabelas 12-14. A análise dos resultados mostrou que utilizando uma temperatura de 95°C foi obtido maior percentual de óleo para o tempo igual a 7 horas, extraíndo 49,88% de óleo (Tabela 12). O aumento da temperatura para 110°C conduziu a um aumento significativo no percentual de óleo extraído, permitindo obter 56,61% após 7 horas de extração (tabela 13), e finalmente, a 125°C de temperatura, foi extraído até 51,75% de óleo da mamona (tabela 14).

Tabela 12: Extração do óleo de semente com casca a 95°C com 100 mL de etanol hidratado.

Com casca	Tempo no extrator (h)	Massa da semente com casca (g)	Massa do óleo (g)	% de óleo na massa da semente
1	5	13,6625	6,2279	45,58
2	6	13,2273	6,2138	46,98
3	7	13,8837	6,9250	49,88
4	8	13,6549	6,6231	48,50

Fonte: Próprio autor.

Tabela 13: Extração do óleo de semente com casca a 110°C com 100 mL de etanol hidratado.

Com casca	Tempo no extrator (h)	Massa da semente com casca (g)	Massa do óleo (g)	% de óleo na massa da semente
1	5	13,8872	6,0809	43,78
2	6	13,8818	7,1831	51,74
3	7	13,8865	7,8610	56,61
4	8	13,882	7,5540	54,41

Fonte: Próprio autor.

Tabela 14: Extração do óleo de semente com casca a 125°C com 100 mL de etanol hidratado.

Com casca	Tempo no extrator (h)	Massa da semente com casca (g)	Massa do óleo (g)	% de óleo na massa da semente
1	5	13,3580	6,1130	45,76
2	6	13,6528	6,3958	46,85
3	7	13,4074	6,9388	51,75
4	8	13,8349	6,8790	49,72

Fonte: Próprio autor.

Os resultados da otimização do processo, com utilização de etanol hidratado como solvente, mostraram que o ponto de operação a ser praticado corresponde aquele apresentado na tabela 15.

Tabela 15: Variáveis operacionais e percentual de óleo extraído com utilização de etanol hidratado.

Temperatura (°C)	Tempo (h)	Percentual de óleo extraído (%)
110	7	56,61

Fonte: Próprio autor.

Os resultados mostraram eficiência máxima do processo onde o tempo ideal para extração de óleo de mamona em escala de bancada é de 7 horas obtida com a temperatura de 110°C e etanol hidratado como solvente. Entre as vantagens na utilização do etanol hidratado, podemos destacar:

- Maior facilidade para aquisição;
- Menor custo (Anexo 01) e toxicidade (Anexo 02);
- Caráter renovável.

Durante o desenvolvimento deste trabalho não foi encontrado trabalho com utilização do etanol de posto (etanol hidratado), de modo que este solvente renovável, de baixo custo, com toxicidade menor que a do hexano, além da maior facilidade de obtenção que os demais solventes estudados neste trabalho, pode substituir com maior rendimento em extração do óleo de mamona.

Levy e Rivadeneira (2000), destacaram as vantagens de solventes orgânicos, como o etanol, para utilização como solvente para extração analítica dos pigmentos das sementes de urucum, destacando a facilidade de recuperação e reutilização por destilação, bem como a ótima eficiência de extração.

Diante dos resultados, o etanol hidratado foi escolhido como referência para o monitoramento da qualidade do óleo extraído, cujos resultados são apresentados no item 4.3.

4.2 ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS PARA BENEFICIAMENTO DA SEMENTE

Com a análise econômica foram avaliados os custos para se produzir um hectare (1 ha) de semente de mamona, a partir de dados da EBDA (MATOS, 2010).

Com o intuito de realizar a análise comparativa foram realizados levantamentos de todos os custos necessários para o funcionamento da unidade de extração de óleo, capacidade de produção, coeficientes técnicos, necessidade de insumos, custos variáveis e mão-de-obra necessária para o processamento do óleo.

Os custos apresentados na Tabela 16 variam de acordo com o nível de tecnologia empregado. O maior uso de tecnologia pode incidir em maior produtividade, porém deve ser avaliado o custo/benefício de inserção de uma tecnologia no sistema, principalmente em função do preço de venda esperado. Na tabela são mostrados os custos de produção por hectare para a cultura da mamona em agricultura familiar da região Nordeste.

Tabela 16: Custo de produção de 1 hectare de mamona *in natura*.

ORÇAMENTO PARA CUSTEIO DE 01 ha MAMONA SAFRA 2010/2011

DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1. INSUMOS:				100,00
Semente - Mamona	kg	5	8,00	40,00
Inseticida	L	2	30,00	60,00
2. PREPARO DE SOLO:				112,50
Aração	H/T	3	25,00	75,00
Gradagem	H/T	1,5	25,00	37,50
3. PLANTIO:				20,00
Plantio manual (matraca)	D	1	20,00	20,00
4. TRATOS CULTURAIS/FITOSSANIT.				290,00
Capina	D	4	20,00	80,00
Repassa manual (02)	D	10	15,00	150,00
Aplicação de inseticida	D	3	20,00	60,00
5. COLHEITA E BENEFICIAMENTO				337,50
Colheita manual	D	15	15,00	225,00
Beneficiamento	SC	25	3,00	75,00
Transporte	SC	25	0,60	15,00
Sacaria	SC	30	0,75	22,50
TOTAL				860,00

Fonte: MATOS, 2010.

Em que:

Kg= quilo;

L= litros;

H/T= horas de trabalho

D= dias

S/C= saca

Com relação aos equipamentos de extração de oleaginosas, foi realizada pesquisa onde foi obtida uma maior relação custo/benefício com a máquina da INTECNIAL S.A. onde o equipamento funciona com energia elétrica e possui um baixo consumo, cerca de 28 kw/h por tonelada processada, com fácil operação, baixo custo de produção, alta desempenho, baixo custo de manutenção e como principal fator a fácil mobilidade onde a cooperativa poderá deslocar o equipamento por todos os assentamentos cadastrados no projeto Pólo Sertão, facilitando assim as condições de logística e armazenamento da mamona.

Com esse quantitativo de produção por hectare e custo de produção das sementes, adicionado aos dados de custos para extrair o óleo da semente de mamona e os preços de venda tanto da semente quanto do óleo (CONAB, 2010), foram calculados os custos de produção, custo médio, faturamento, lucro total e sua margem de lucro, como mostra a Tabela 17.

Tabela 17: Análise econômica com relação a venda/comercialização da semente de mamona e a venda/comercialização do óleo de mamona.

	Custo produção (R\$/ha.ano)	Custo médio (R\$/ kg)	Faturamento (R\$/ha.ano)	Lucro total (R\$/ha.ano)	Margem de lucro/ha
Produção/venda de semente	860,00	0,72	1438,60	578,60	0,67
Produção/venda do óleo	1056,19	1,77	1920,00	863,81	0,81
Produção/venda do óleo+torta	1056,19	1,77	2320,00	1263,81	1,26

Fonte: Próprio autor.

Como pode-se observar, comercializar o óleo de mamona é viável em relação à comercialização da semente *in natura*, visto que a margem de lucro aumenta de

67% para 81%. Isto significa um aumento de 14% no lucro do agricultor. Além disso, adicionando o ganho oriundo da comercialização da torta, cujo valor de venda praticado no ano corrente está sendo de oitenta centavos o quilo (R\$ 0,80/kg) (COAFTI, 2010), conduz ao total de faturamento proveniente da comercialização do óleo e da torta da mamona igual a dois mil trezentos e vinte reais por hectare (R\$ 2320,00/ha) e um lucro de um mil duzentos e sessenta e três reais e oitenta e um centavos por hectare (R\$ 1263,81/ha). Portanto, com a comercialização do óleo e torta obtém-se um ganho de seiscentos e oitenta e cinco reais e vinte e um centavos por hectare (R\$ 685,21/ha), que corresponde a diferença entre o lucro com a comercialização da semente e o lucro com a comercialização do óleo e torta extraídos da semente, concluindo que é vantajoso comercializar o óleo extraído junto com seu co-produto (torta) em substituição a comercialização da semente *in natura*.

4.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO ÓLEO

4.3.1 TESTE DE ACIDEZ

O índice de acidez revela o estado de conservação do óleo de mamona, definido como a quantidade de miligramas de hidróxido de potássio necessário para neutralizar os ácidos livres de 1,0 g da amostra, conforme Norma NBR 14448 (Melo, 2009), de modo que o monitoramento da acidez no óleo de mamona é de grande importância durante a estocagem, na qual a alteração dos valores levar a sua degradação.

As especificações européia e americana adotaram recentemente o limite de 0,8 mg KOH/g de óleo, valor também aceito pela norma brasileira (MELO, 2009).

Conforme SANTOS *et al.* (2001), os óleos com acidez inferior a 1% são classificados como do tipo 1. Segundo ANGELUCCI *et al.* (1987), os óleos com esta acidez podem ser considerados de ótima qualidade. No mercado internacional, para ser classificado como óleo industrial do tipo 1, a qualidade mais alta do produto comercializado, o índice de acidez precisa ser de no máximo 3% (CHIERICE; CLARO NETO, 2001). Acidez superior a este limite implica em produto de menor qualidade e com grandes dificuldades de comercialização. A Tabela 18 mostra os valores médios de acidez dos óleos obtidos por

extração com solvente etanol hidratado ou de posto em função do tempo e temperatura de extração. O monitoramento da qualidade foi realizado para o solvente escolhido ao final da otimização do processo de extração.

Tabela 18: Valores médios da acidez do óleo de mamona (mg KOH/g de amostra), variando o tempo e temperatura de extração.

Temperatura (°C)	5 Horas	6 Horas	7 Horas	8 Horas
95	0,16	0,15	0,13	0,13
110	0,14	0,17	0,17	0,11
125	0,16	0,17	0,11	0,14

Fonte: Próprio autor.

Os resultados dos índices de acidez para todas as amostras de óleo analisadas mostraram que o óleo extraído apresenta índice de acidez abaixo de 0,2 mg KOH/ g. Estes valores estão de acordo com os resultados obtidos por Junior *et al.* (2010), segundo os quais os índices de acidez do óleo estão entre 0,31 e 0,47 mg KOH/ g de amostra quando extraído a frio e estão entre 0,14 e 1,64 mg KOH/ g de amostra quando extraído a quente. Segundo os autores, este último índice de acidez maior (1,64) foi um dado atípico que se deve a proveniência da semente cultivada em maior altitude.

No Brasil as especificações para utilização do biodiesel B100 – Resolução ANP Nº42, de 24/11/2004. DOU 9.12.2004 estabelece que o mesmo deve possuir acidez menor que zero vírgula oito miligramas de hidróxido de potássio por grama de amostra (0,8 mg KOH g⁻¹). Como o índice de acidez do óleo tem efeito na acidez do biodiesel o monitoramento desta propriedade é de interesse para determinação da qualidade do óleo para produção do biodiesel. Os baixos índices de acidez revelam a viabilidade de utilização do óleo de mamona como matéria-prima para produção do biodiesel.

Notou-se também que estes óleos contem aproximadamente a mesma acidez, de modo que pode-se concluir que o índice de acidez não é afetado, significativamente, pela temperatura e tempo adotados na extração com etanol hidratado.

4.3.2 ESTABILIDADE À OXIDAÇÃO

A ANP- Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, utiliza a Norma Europeia (EN 14112). Esta norma trata do Teste de Estabilidade Oxidativa Acelerada, método Rancimat. Vários estudos demonstram que o período de indução determinado por esse método se correlaciona bem com a evolução de parâmetros de qualidade resultantes da degradação do óleo como índice de acidez (PRANKL, 2003).

O estudo da estabilidade oxidativa do óleo de mamona é de fundamental importância para seu controle de qualidade, principalmente no que diz respeito a seu armazenamento (Melo, 2009), sendo expressa como o período de tempo requerido para alcançar o ponto em que o grau de oxidação aumenta rapidamente.

Utilizando o Rancimat, o óleo de mamona é prematuramente envelhecido pela decomposição térmica.

De acordo com Melo 2008, no Brasil o limite adotado para estabilidade oxidativa é no mínimo 6 h de ensaio (EN 14112).

Os tempos de indução altos (acima de 150 horas) revelaram que o óleo de mamona apresenta uma boa estabilidade oxidativa, com destaque para a de 110°C a 7 horas de extração (Tabela 19). Os resultados obtidos neste estudo confirmam estudos teóricos que previram que o biodiesel de mamona possui menor estabilidade à oxidação que o biodiesel obtido a partir de diversas outras oleaginosas (SANTOS *et al.*, 2011). Melo (2008) obteve a estabilidade oxidativa do biodiesel metílico de mamona com tempo de indução igual 6,7 horas.

Como suposição para a alta estabilidade oxidação, pode-se destacar sua elevada tensão superficial, o que favorece uma blindagem que dificulta a penetração do oxigênio, provavelmente retardando o processo oxidativo.

Tabela 19: Estabilidade Oxidação extraído com solvente Etanol hidratado em horas.

Temperatura (°C)	5 Horas	6 Horas	7 Horas	8 Horas
110	-	153,00	168,67	173,45
125	-	-	153,26	180,00

Fonte: Próprio autor.

Portanto óleo de mamona extraído da variedade de semente BRS Paraguaçu, comercializada pelas cooperativas do Pólo Sertão, estão dentro dos padrões de qualidade com relação ao índice de acidez e tempo de indução.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

A grande diversidade de oleaginosas no Brasil tem um diferencial produtivo, apoiado a fatores geográficos que favorecem o cultivo em várias regiões brasileiras. Os resultados obtidos neste estudo permitiram otimização do processo de extração de óleo de mamona, determinação do teor de óleo na semente da variedade BRS Paraguaçu, determinação da viabilidade da utilização de etanol hidratado ou de posto como solvente para extração, análise da viabilidade econômica da comercialização do óleo e torta em lugar da semente, bem como o monitoramento da qualidade do óleo de mamona extraído.

Os resultados dos experimentos mostraram que a variedade da semente BRS Paraguaçu contém cerca de 22% de casca e 78% de amêndoa e que o teor de óleo na semente chega a 56,61%. Com relação a otimização do processo foi determinado que em escala de bancada obtem-se maior percentual de óleo utilizando etanol hidratado ou de posto para extração a temperatura de 110°C durante 7 horas. A extração com etanol hidratado mostrou-se viável do ponto de vista de rendimento da extração, custo, toxicidade e disponibilidade no mercado. Importante salientar que durante o andamento deste trabalho não foi encontrada literatura sobre utilização do etanol hidratado para extração de óleo.

Os resultados obtidos a partir da análise econômica mostraram que é vantajoso comercializar o óleo de mamona em relação à comercialização da semente *in natura* visto que a margem de lucro de 67% para 81%. Esta margem pode ser ainda maior quando leva-se em consideração a comercialização da torta (co-produto da extração do óleo), uma vez que a margem de lucro passa para 1,26. Em outros termos, o lucro passa R\$ 578,60 na venda da semente *in natura* para R\$ 1263,81 na comercialização do óleo e torta. Desse modo, a partir da produção e consequente comercialização do óleo da mamona pelos cooperados do Vale do São Francisco, poderá ocorrer melhoras significativas na renda familiar, aumentando o valor agregado do produto comercializado.

O óleo de mamona extraído durante o estudo apresentou índice de acidez dentro do padrão de qualidade (menor que 0,2 mg KOH g⁻¹ para todas as amostras) e podem ser classificados comercialmente como óleo do tipo 1.

Os resultados do monitoramento da qualidade do óleo extraído com etanol de posto também demonstraram que o óleo apresenta uma alta estabilidade à oxidação, o que pode ser bastante promissor para utilização do óleo para produção do biodiesel.

Este trabalho poderá contribuir ainda para o desenvolvimento de trabalhos futuros, bem como levar aos agricultores familiares pertencentes as cooperativas do Pólo São Francisco nova alternativa de renda. Ou seja, espera-se que este trabalho contribua para melhoria da qualidade de vida dos referidos agricultores e também com as pesquisas referentes a produção de biodiesel.

REFERÊNCIAS:

ALBERTIN *et al.*, **Desafios da cadeia produtiva do biodiesel para o nordeste**, n.1, c.3, p.41- 55, 2009.

ALBUQUERQUE *et al.* **Eficiência energética do sistema de cultivo da mamoeira consorciada com feijão**. In: 3º Congresso Brasileiro de Mamona, Salvador-BA, 2008.

ALCÂNTARA, R.L.; *et al.*; **Integração multi-institucional para implantação de arranjos produtivos no semi-árido**; XIII Jornada de Iniciação Científica – CETEM; 2005.

ALMEIDA, A.A.F. **Avaliação da Oxidação do Biodiesel Etílico de Milho por meio de Técnicas Espectroscópicas**. Dissertação (Mestrado). João Pessoa – PB: Universidade Federal da Paraíba, 2007.

ALVARADO, J. D. **Propriedades físicas de frutas**. In: IV: Difusividad y conductividad térmica efectiva de pulpas. Latin American Applied Research, Ambato, v. 24, n.1, p.41- 47, 2001.

AMORIM, P. Q. R. de A. **Perspectiva histórica da cadeia da mamona e a introdução da produção de biodiesel no semi-árido Brasileiro sob o enfoque da teoria dos custos de transação**. Monografia. Piracicaba – SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, 2005.

ANGELUCCI, E. *et al.* **Análise química de alimentos**: Campinas, São Paulo, 1987. 123p. (Manual Técnico).

ANTHONISEN, D. *et al.* **Teor de óleo em sementes de mamona de variedades introduzidas na zona sul do rio grande do sul**. IN: II Congresso brasileiro de mamona. Aracaju, SE, 2006.

ARAÚJO, J. B. *et al.* **Índice de acidez do óleo de quatro cultivares de mamona extraído por mini-prensa laboratorial**. IN: II Congresso brasileiro de mamona. Aracaju, SE, 2006.

Assakawa, D. A. *et. al.* **Avaliação Da Estabilidade Oxidativa Do Óleo De Soja Pelo Teste De Rancimat Após Adição De Diferentes Concentrações De Antioxidantes**. XI Encontro Anual de Iniciação Científica. Universidade Estadual de Maringá/Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós- Graduação. Maringá – PR. 2002.

AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O Agronegócio da Mamona no Brasil. Campina Grande:** Embrapa Algodão, 2001.

BARRERA-ARELLANO, D.. **Estabilidade de óleos e Gorduras. Óleos e Grãos,** São Paulo, SP, 1993.

BATALHA, M.O . **Gestão Agroindustrial.** Ed. Atlas. v 1, São Paulo, 2001.

BELTRÃO, N. E. M.; MELO, F.B.; CARDOSO, G. D.; SEVERINO, L. S. **Mamona: Árvore do Conhecimento e Sistemas de Produção para o Semi-árido Brasileiro.** Campina Grande, PB: MAPA, 2003.

BELTRÃO, N. E. *et al.* Segmentos do agronegócio da mamona i - diagnóstico da ricinocultura da região de Irecê, estado da Bahia. In: I Congresso Brasileiro de Mamona, Campina Grande-PB, 2004.

BOMFIM, M.A.D., SEVERINO, L.S. CAVALCANTE, A.C.R. *et al.* **Avaliação da casca de mamona na alimentação de ovinos.** In: IV Congresso Nordestino de Produção Animal, 936-939, Petrolina-PE, 2006.

BOSE, M. L. V.; WANDERLEY, R. C. **Digestibilidade e balanço metabólico da fração nitrogenada do farelo de mamona desintoxicado e de feno de alfafa em ovinos.** Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1988.

BUENO, L.S.R. **Estudo da Influência da Composição do Óleo Vegetal sobre algumas Propriedades do Biodiesel.** Dissertação (Mestrado). Curitiba – PR: Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2009.

CAMPOS, A.; CARMELIO, E. C. **Biodiesel e agricultura familiar no Brasil: resultados socioeconômicos e expectativa futura.** In: O futuro da indústria: Biodiesel. Ministério do Desenvolvimento. Brasília-DF, 2006.

CÂNDIDO. M., *et al.* **Utilização de coprodutos da mamona na alimentação animal,** III congresso nacional da mamona, 2008.

CANDEIA *et al.* **Influence of soybean biodiesel content on basic properties of biodiesel diesel blends.** *Fuel (Guildford)* 88: 738-743, 2009.

CARVALHO, B. C. L. **Manual de Cultivo da Mamona**, Salvador EBDA, 2005.

CARVALHO, L.O. de. **Cultura da mamoneira (*Ricinus communis L.*)**. São Paulo: CATI, 1991.

CASTRO et al. **Viabilidade, competitividade e sustentabilidade da cadeia produtiva de mamona**. In: 3º Congresso Brasileiro de Mamona, Salvador-BA, 2008.

CETESB, **Companhia ambiental do estado de São Paulo**. Secretaria do estado de meio ambiente. 2010.

CHIERICI, G. O.; CLARO NETO, S. **Aplicação Industrial do Óleo**. Organizador: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed. Téc.). In: O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001.

COAFTI. **Cooperativa da agricultura familiar do território de Irecê**. 2010.

COELHO, I. **Avaliação das exportações tradicionais baianas: caso de sisal e mamona**. 1979, 174p. (Tese de Mestrado) - UFB, Salvador.

CONAB. **Conjuntura Mensal**. Disponível em: www.conab.gov.br/conabweb, 2009 <Acesso em: 06/04/10>.

CONAB; **Mamona**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/10_11_18_14_56_05_mamon a_novembro_2010..pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/10_11_18_14_56_05_mamon_a_novembro_2010..pdf)>; Acesso em: 16/11/10.

CONDE, Alexon do Prado. **Desempenho de motor ciclo diesel alimentado com biodiesel de óleo de soja e oliva**. Dissertação (Mestrado). Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras, 2007.

CORDEIRO, J.V.B. DE MELO. **Reflexões sobre a gestão da qualidade total: fim de mais um modismo ou incorporação do conceito por meio de novas ferramentas de gestão?** Ver. FAE, Curitiba, 2004.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. **Transesterificação de óleo comestível usado para a produção de biodiesel e uso em transportes**, Revista Química Nova, Curitiba – PR, 2000.

COSTA, M.A; TOLEDO, J.C; KINOSHITA, D.: **A gestão da qualidade em empresas produtoras de equipamentos para a indústria de revestimento cerâmico**. In: V Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2009.

DRUMMOND *et al.* **Análises físico-químicas de óleos vegetais misturados ao diesel estão conforme o regulamento da anp: adulteração ou possibilidade de uso como combustível?** In: 3º Congresso Brasileiro de Mamona, Salvador-BA, 2008.

DRUMMOND, A. R. F.; GAZINEU, M. H. P.; ALMEIDA, L.; SOUTO MAIOR, A. **Metanol e etanol como solventes na extração de óleo de mamona**. IN: Congresso da rede brasileira de tecnologia do biodiesel, Brasília, 2006.

EMBRAPA, 2010; **Cultivo da mamona**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/coeftecnicos.html>. Acesso em: 16 de novembro de 2010.

EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande, PB). **Oleaginosas e seus óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel**, por Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão e Maria Isaura Pereira de Oliveira. Campina Grande, 2008.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA CNPA. **Pesquisa com mamona pode viabilizar biodiesel brasileiro**. 2004. Disponível em: <www.cnpa.embrapa.br/jornal/mamonaPDU.htm>. Acesso em: 17 jun. 2010.

FEIGENBAUN, A.V. **Gerenciamento da qualidade nos negócios**. In: Controle da qualidade total: gestão e sistemas. São Paulo: Makron Boocks, 1994.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Comunicação para transferência de tecnologia, 2001.

FORNAZELI JÚNIOR. **A mamoneira: uma rica fonte de óleo e divisas**. São Paulo, 1986.

GASPARETTO, C. A.; GEHRKE, T. **Reologia**, Campinas, 1995.

GOVERNO DO BRASIL, **Ministério da Agricultura Brasileira**: disponível em: <www.agricultura.gov.br>, 2004. Acesso em 16/05/2010.

HADORN, H., ZURCHER, K.; **Zurbestimmung der oxydationsstabilitat von olen und fetten**, *Deustsche Ledensmittel Rundschau*, 1974.

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004.

HORWITZ, W. (Ed.) **Official methods of analysis of AOAC International**. 2000.

JUNIOR *et al.* **Qualidade do óleo da mamona cultivada em diferentes altitudes no rio grande do norte – brasil**. revista verde. Mossoró – RN. 2010.

KHALIL, C. N. **Processo de produção de biodiesel a partir de semente de mamona**. In: Congresso brasileiro de mamona, I. Campina Grande, PB, 2004.

KNOTHE, G. **Perspectivas históricas de los combustibles diesel basados em aceites vegetales**. Revista A&G, 47, Tomo XII, No. 2., 2001.

LEIRAS, A. **A Cadeia Produtiva do Biodiesel: uma avaliação econômica para o caso da Bahia**. Tese (Mestrado). Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006.

LEITE, J. T. C. **Obtenção de extrato de insulina de chicória (Cichorium Intybus) por abaixamento de temperatura e secagem por spray**. 2001 Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2001.

LEVY, L. W.; RIVADENEIRA, D. M. Natural food colorants – **Science and technology**. IFT basic symposium series, Marcel Dekker, INC., 2000.

MATOS, JOELSON VAZ BASTOS DE. **Orçamento para custeio de 01 há mamona solteira**. [mensagem pessoal]. Gerente Regional da EBDA / Irecê. Mensagem recebida por <naldinhocampos@hotmail.com > em 2 de dezembro de 2010.

MELO, Marco Aurélio Rodrigues de. **Monitoramento da Estabilidade Oxidativa no Armazenamento de Biodiesel Metílico de Soja/Mamona e Blendas em Recipientes de Vidro**, Universidade federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

MENDES, Ricardo de Albuquerque. **Diagnóstico, Análise de Governança e Proposição de Gestão Para a Cadeia Produtiva do Biodiesel da Mamona (CP/BDMA): O Caso do Ceará.** Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes. Fortaleza-CE: Universidade Federal do Ceará, 2005.

MENEGHETTI, S. *et al.* **Obtenção de biodiesel a partir do óleo de mamona: estudo comparativo, entre diferentes catalisadores, na reação de transesterificação empregando-se metanol e etanol.** I Congresso Brasileiro de Mamona: Energia e sustentabilidade. Embrapa, CNPA, Campina Grande, PB, 2004.

MAP. **Ministério da agricultura e pecuária;** disponível em:
<<http://www.ceplac.gov.br/noticias/200512/not00184.htm>>; acesso 17/11/2010.

MIC, MINISTERIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO; **Produção de combustíveis Líquidos a partir de Óleos Vegetais;** Secretaria de Tecnologia Industrial; Coordenadoria de Informações Tecnológicas; Brasília, DF, 1985.

MME - Ministério de Minas e Energia. **RESOLUÇÃO CNPE – N^o 06 de setembro de 2009.**

MOREIRA, *et al.* **Análise revisional de estudos do cultivo da mamona na região dos inhamuns, no estado do ceará.** In: XLVI Congresso da Sociedade de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008.

MORETTO, E.; FETT, R. **Definição de óleos e Gorduras tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos.** São Paulo. Varela, 1998.

NETO, Silvana Fernandes: **Impacto ambiental – agroindústria processadora de óleo de mamona/PB:** Universidade Federal de Campina Grande/Centro de Tecnologia e Recursos Naturais: Campina Grande, PB, 2008.

OLIVEIRA, A. D. *et al.* **Estudo da estabilidade térmica e oxidativa do óleo e do biodiesel derivados do óleo de mamona.** In: Congresso brasileiro de análise térmica e calorimetria, Poços de Caldas, 2006.

OLIVEIRA, D. **3º Congresso Brasileiro de Mamona.** 2008. Disponível em:
<http://www.cnpa.embrapa.br/noticias/2008/noticia_20080318.html>; acesso em 17/11/2010.

PALADINI, E. P. **Perspectiva estratégica da qualidade**. In: Carvalho, M. M.; Paladini, E. P. (coords). *Gestão da Qualidade: Teoria e casos*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

PRAÇA, E.R.; COUTINHO, E.J.R.; JÚNIOR, E.F.N.; ARRUDA, J.B.F.; SILVA, J.L.de C. **Determinação da localização otimizada de plantas de esmagamento da mamona e de plantas de produção do biodiesel: o caso do estado do ceará**. In: Congresso Internacional de Pesquisa em Logística, CEARÁ, 2004.

PRAÇA, Eduardo R.; *et al.* **A Importância do biodiesel da mamona no desenvolvimento do sertão central cearense**. In: Rio Oil & Gás Expo and Conference. Rio de Janeiro – RJ, 2006.

PRANKL, H. **Stability of Biodiesel used as a fuel for diesel engines and heating systems. Presentation of the Biostab Project Results**. Austria: BLT Wieselbur, 2003.

PRENTICE–HERNANDEZ, C. *et al.* **Efeito do ph na quantidade de bixina em extratos alcalinos do urucum**. Revista brasileira de corantes naturais, 1992.

PONCHIO, J.A.R., FAO. **Relatório Final: Cadeia Produtiva da Mamona para Biodiesel**. Brasília, 2004.

RANGEL, L. P.; PERES, S.; CASTELLETTI, C. E. M. *et al.* **Estudo da viabilidade técnica para geração de energia elétrica a partir dos resíduos da mamona**. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, Campina Grande, 2004.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**, p.194, 2004.

RITTNER, H. **Óleo de mamona e derivados**. São Paulo: H. Rittner, 1996.

ROSSETTI, A. R. **Dicionário: quimicamente falando**. Editora Solidus, Porto Alegre, 2003. p. 155. Congresso Brasileiro de Mamona: Energia e sustentabilidade. Embrapa, CNPA, Campina Grande, PB, 2004.

ROVERI, J.R. **Introdução básica a viscosidade e reologia - BRASEG**, Rio de Janeiro: SENAI/CETIQT, 1995, 9p. (Trabalho apresentado na Conferência Internacional Têxtil/ confecção), Rio de Janeiro, 1995.

SANTOS V. M. L. dos, SILVA, J. A. B. da, STRAGEVITCH, L, LONGO R. L. **Thermochemistry of biodiesel oxidation reactions: A DFT study**, revista Fuel, ed.90, 2011.

SANTOS e KOURI. **Panorama mundial do agronegócio da mamona**. in: 2º congresso Nacional de Mamona, Aracaju-SE,2006.

SANTOS, R. F. dos. *et al.* **Análise Econômica**. In: AZEVEDO, D.M.P. de.; LIMA, E.F.. O agronegócio da mamona no Brasil: EMBRAPA-SPI. 2001.

SANTOS, V.M.L; SILVA, J.A.B; GUIMARÃES, C.C; STRAGEVITCH, L. **Estudo Teórico Da Degradabilidade Oxidativa do Biodiesel para Previsão de sua Qualidade**. In: ALBERTIN, M.R. (ORG). Desafios da Cadeia Produtiva do Biodiesel para o Nordeste. 2009.

SEAGRI. **Secretaria da agricultura, desenvolvimento e reforma agrária**, 2009. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/noticias.asp?prt=true&qact=view¬id=11581>>. Acesso em 21/05/2010.

SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; BELTRÃO, N. E. M. **Mamona: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006.

SILVA, A.R.C; Xavier, M.G.P; **Arranjo Produtivo Local: Uma análise do Biodiesel na cidade de Pesqueira-PE**; Univesidade Federal Rural de Pernambuco; 2010.

SILVA *et al.* **Número de frutos e de sementes e teor de óleo da mamoneira em função de desfolhamento e adubação nitroenada**. In: 3º Congresso Brasileiro de Mamona, Salvador-BA, 2008.

SILVA, F. A. M; BORGES, M. F. M; FERREIRA, M. A. **Métodos para avaliação do Grau de Oxidação Lipídica e da Capacidade Antioxidante**. Química Nova, 1999.

TAVARES, M.L.A; **Análise termo-oxidativa do biodiesel de girassol (helianthus annuus)**. Tese (Doutorado). João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2009.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 1997.

VIEIRA, José Nilton de Souza. **A agroenergia e os novos desafios para a política agrícola no Brasil.** In: Ministério do Desenvolvimento. **O futuro da indústria: Biodiesel.** Brasília-DF, 2006.

ANEXO – 01

O limite de tolerância estabelecido para etanol em ambientes de trabalho é de 780ppm ou 1.480mg/m³ (Portaria número 3.214 de 08/06/1979 do Ministério do Trabalho).

Toxicidade do Etanol:

Toxicidade - limites e padrões L.P.O.: 10 ppm P.P.: NÃO ESTABELECIDO IDLH: 3.300 ppm (LII) LT: Brasil - Valor Médio 48h: 780 ppm LT: Brasil - Valor Teto: 975 ppm LT: EUA - TWA: 1.000 ppm LT: EUA - STEL: NÃO ESTABELECIDO		
Toxicidade ao homem e animais superiores (vertebrados) M.D.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL M.C.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL (OBS. 2)		
Toxicidade: Espécie: RATO Via Respiração (CL50): QUANTO A INTOXICAÇÃO (OBS. 2); 20.000 ppm (10 h) Via Oral (DL 50): 13,7 ml/kg; 7.060 mg/kg Via Cutânea (DL 50): 4.070 mg/kg (INTRAP.)		
Toxicidade: Espécie: CAMUNDONGO Via Oral (DL 50): 7.800 ug/kg Via Cutânea (DL 50): 1.230 mg/kg (INTRAP.)		
Toxicidade: Espécie: OUTROS Via Respiração (CL50): QUANTO A INTOXICAÇÃO (OBS. 2) Via Oral (DL 50): COELHO: 12,5 ml/kg; CÃO: LDLo = 5.500 mg/kg Via Cutânea (DL 50): COELHO: LDLo 20 g/kg; (OBS. 2)		
Toxicidade aos organismos aquáticos: PEIXES : Espécie POECILIA RETICULATA: CL50 (7 DIAS): 11.050 ppm; SEMOLITUS ATROMACULATUS: CL50 (24 h) : > 7.000 ppm; (OBS. 3)		
Toxicidade aos organismos aquáticos: CRUSTACEOS : Espécie		
Toxicidade aos organismos aquáticos: ALGAS : Espécie L.tox T.I.M.C. MICROCYSTIS AERUGINOSA = 1.450 mg/L; SCENEDESMUS QUADRICAUDA = 5.000 mg/L (ALGA VERDE).		
Toxicidade a outros organismos: BACTÉRIAS L.tox T.I.M.C. PSEUDOMONAS PUTIDA: 6.500 mg/L		
Toxicidade a outros organismos: MUTAGENICIDADE SACCHAROMYCES CEREVISIAE: "mmo" = 24 pph; RATO: "cyt" = 2 g/kg (ORAL); (OBS. 4)		
Toxicidade a outros organismos: OUTROS PROTOZOÁRIO: L.tox T.I.M.C. ENTOSIPHON SULCATUM = 65 mg/L; URONEMA PARCUCZI (CHATTON-LWOFF)= 6.120 mg/L.		
Informações sobre intoxicação humana MANTER AS PESSOAS AFASTADAS. CHAMAR OS BOMBEIROS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO. DESLIGAR AS FONTES DE IGNIÇÃO. FICAR CONTRA O VENTO E USAR NEBLINA D'ÁGUA PARA BAIXAR O VAPOR.		
Tipo de contato VAPOR	Síndrome tóxica IRRITANTE PARA OS OLHOS, NARIZ E GARGANTA.	Tratamento MOVER PARA O AR FRESCO.
Tipo de contato LÍQUIDO	Síndrome tóxica NÃO É PREJUDICIAL.	Tratamento

Fonte: CETESB, 2010.

Toxicidade do Hexano:

<p>Toxicidade - limites e padrões L.P.O.: DADO NÃO DISPONÍVEL P.P.: NÃO ESTABELECIDO IDLH: 1.100 ppm (LII) LT: Brasil - Valor Médio 48h: DADO NÃO DISPONÍVEL LT: Brasil - Valor Teto: DADO NÃO DISPONÍVEL LT: EUA - TWA: 50 ppm (PELE) LT: EUA - STEL: NÃO ESTABELECIDO</p>		
<p>Toxicidade ao homem e animais superiores (vertebrados) M.D.T.: SER HUMANO: TCLo (10 min) = 5.000 ppm (RESPIRAÇÃO) M.C.T.: IRRITAÇÃO AO OLHO HUMANO = 5 ppm</p>		
<p>Toxicidade: Espécie: RATO</p> <p>Via Oral (DL 50): 28.710 mg/kg</p>		
<p>Toxicidade: Espécie: CAMUNDONGO</p> <p>Via Respiração (CL50): LCLo = 120 g/m³</p>		
<p>Toxicidade: Espécie: OUTROS</p>		
<p>Toxicidade aos organismos aquáticos: PEIXES : Espécie CARASSIUS AURATUS: DL50 (24 h) = 4 mg/L; ONCORHYNCHUS KISUTH (SALMÃO JOVEM): NENHUMA MORTALIDADE QUANDO APLICADO EM QUANTIDADES ATÉ 100 ppm, APÓS 96 HORAS EM ÁGUA MARINHA ARTIFICIAL A 8°C.</p>		
<p>Toxicidade aos organismos aquáticos: CRUSTÁCEOS : Espécie</p>		
<p>Toxicidade aos organismos aquáticos: ALGAS : Espécie MICROCYSTIS PYRIFERA: POUCO OU NENHUM EFEITO NA ATIVIDADE DE FOTOSSÍNTESE = 10 mg/L.</p>		
<p>Toxicidade a outros organismos: BACTÉRIAS</p>		
<p>Toxicidade a outros organismos: MUTAGENICIDADE</p>		
<p>Toxicidade a outros organismos: OUTROS</p>		
<p>Informações sobre intoxicação humana MANTER AS PESSOAS AFASTADAS. CHAMAR OS BOMBEIROS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO. DESLIGAR AS FONTES DE IGNIÇÃO. FICAR CONTRA O VENTO E USAR NEBLINA D'ÁGUA PARA BAIXAR O VAPOR.</p>		
<p>Tipo de contato VAPOR</p>	<p>Síndrome tóxica IRRITANTE PARA O NARIZ E A GARGANTA. SE INALADO, CAUSARÁ TOSSE OU TONTURA.</p>	<p>Tratamento MOVER PARA O AR FRESCO. SE A RESPIRAÇÃO FOR DIFICULTADA OU PARAR, DAR OXIGÊNIO OU FAZER RESPIRAÇÃO ARTIFICIAL.</p>
<p>Tipo de contato LÍQUIDO</p>	<p>Síndrome tóxica IRRITANTE PARA A PELE. IRRITANTE PARA OS OLHOS. SE INGERIDO, CAUSARÁ NÁUSEA OU VÔMITO.</p>	<p>Tratamento REMOVER ROUPAS E SAPATOS CONTAMINADOS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. MANTER AS PÁLPEBRAS ABERTAS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. NÃO PROVOCAR O VÔMITO.</p>

Fonte: CETESB, 2010.

ANEXO – 02

Tabela: Custo dos solventes (R\$/LITRO).

	Etanol anidro	Etanol hidratado	Hexano
Cotação 1	8,75	1,99	10,36
Cotação 2	8,00	1,97	11,00
Media	8,38	1,98	10,68

Fonte: Próprio autor.

Fontes:

Hexano:

http://www.quimibras.com.br/homepage/produtos/pro_rea_h.html

<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/7069/4683>

Etanol anidro:

http://www.quimibras.com.br/homepage/produtos/pro_rea_a.html

<http://www.shopfisio.com.br/produto/alcool-etilico-absoluto-993-1-litro/063336.aspx>

Etanol hidratado:

Posto Ipiranga Juazeiro-BA

Posto Texaco Petrolina-PE

