

LUANA CRISTINA ANDRADE DA SILVA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE PLANTAS DE
EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE MAMONA COM E
SEM DETOXICAÇÃO DA TORTA**

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos, para obtenção do título de
Magister Scientiae.**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586a
2009

Silva, Luana Cristina Andrade da, 1984-
Análise de viabilidade econômica de plantas de
extração de óleo de mamona com e sem detoxicação da
torta / Luana Cristina Andrade da Silva. – Viçosa, MG,
2009.

xii, 88f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexo.

Orientador: Ronaldo Perez.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 66-72

1. Óleo de mamona. 2. Mamona. 3. Extração por solventes.
4. Óleos vegetais - Aspectos econômicos. 5. Farelo de
mamona. 6. Rações. 7. Plantas oleaginosas. I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 665.353

LUANA CRISTINA ANDRADE DA SILVA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE PLANTAS DE
EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE MAMONA COM E
SEM DETOXICAÇÃO DA TORTA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de julho de 2009.

Aziz Galvão da Silva Júnior
(Co-orientador)

Marco Túlio Coelho Silva
(Co-orientador)

Marco Aurélio Marques Ferreira

Cláudio Furtado Soares

Ronaldo Perez
Orientador

Aos meus queridos pais e irmãos, dedico...

AGRADECIMENTOS

A Deus, razão da minha existência.

À minha mãe, quem se dedicou à minha educação.

À minha família, em especial, às minhas irmãs Luciana, Graça, Socorro, ao meu irmão João, ao meu querido Pai, exemplo de vida, de luta. A Layana e Luciara e aos demais irmãos que de alguma maneira me apoiaram, me deram suporte.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade de cursar o mestrado.

À Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), por financiar este trabalho.

Ao meu orientador, doutor Ronaldo Perez, pela disposição, pela paciência, companheirismo, dedicação e seriedade durante a orientação.

Aos professores Aziz Galvão e Marco Túlio, Marco Aurélio, Cláudio Furtado.

Ao André Soares do Departamento de Zootecnia da UFV, pela parceria e profissionalismo.

As empresas produtoras de equipamentos pela colaboração.

Aos professores Tarso Alvim da Universidade Federal do Tocantins e Sebastião César Cardoso Brandão da Universidade Federal de Viçosa, profissionais que me apoiaram sempre, pessoas admiráveis e os quais tenho estima e respeito.

Aos colegas do Projeto Biodiesel pela boa convivência, ao Motta, Ramon, Joélcio e em especial ao meu colega de atividades, Matheus Boratto.

Às minhas amigas Valeria, Nayla, Íris, Ângela e Priscilla, pela convivência em casa, por participarem da minha vida, por torná-la mais agradável.

Aos meus amigos do DTA e outros departamentos, Jaqueline, Johnson, Luana Maro, Rafael, Geruza, Patrícia, Maurício, Alexandre, Adenilson, Giana,

Guilherme, Ana Cláudia e Mariana. As amigas do Maranhão, que de várias maneiras me deram apoio: Pollyanna, Shirley, Somayra, Luciana Sibeles.

Ao Pedro Paulo, pelo companheirismo, amor, compreensão e apoio durante o curso.

Enfim, foram tantos os que me ajudaram de alguma forma, em algum momento, a todos, presto meus imensos agradecimentos.

BIOGRAFIA

Luana Cristina Andrade da Silva nasceu dia 02 de fevereiro de 1984 em Imperatriz – MA, filha de Horácio Bezerra da Silva e Raimunda Pereira de Andrade.

Cursou o ensino médio no Centro Federal de Tecnologia – CEFET no Maranhão.

Graduou-se em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Tocantins em junho de 2007.

Em março de 2007 ingressou no curso de Mestrado da Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa da dissertação para obtenção do título de *Magister Scientiae* em 21 de julho de 2009.

ÍNDICE

	p.
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. OBJETIVO GERAL.....	3
2.1. Objetivos específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Histórico da produção de biodiesel.....	4
3.2. Mercado da mamona.....	7
Dados mundiais.....	8
Dados nacionais.....	12
3.3. Caracterização da torta de mamona.....	15
3.4. Componentes tóxicos e alergênicos da torta de mamona.....	18
3.4.1. A ricina.....	18
3.4.2. A fração alergênica <i>Castor-bean allergen</i> (CB-1A).....	19
3.4.3. A ricinina.....	20
3.5. Processos de detoxicação da torta de mamona.....	20
3.5.1. Ricina.....	21
3.5.2. Fração alergênica CB-1A	22
3.6. A importância do aproveitamento da torta de mamona e usos.....	24
3.6.1. Torta de mamona como alimento animal.....	24
3.6.2. Torta de mamona como adubo orgânico.....	26
3.6.3. Torta de mamona para controle de nematóides e insetos..	27
4. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO PROCESSO DE DETOXICAÇÃO DE TORTA OU FARELO DE MAMONA.....	28
4.1. Introdução.....	30
4.2. Materiais e Métodos.....	29
4.3. Resultados e discussões.....	30
4.4. Conclusão.....	40
5. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA MONTAGEM DE UNIDADES DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE MAMONA EM PEQUENA ESCALA E EM ESCALA COMERCIAL.....	42
5.1. Introdução.....	42
5.2. Materiais e Métodos.....	42
Planejamento operacional.....	44
Informações gerais dos projetos.....	44
5.3. Resultados e Discussões.....	46
<i>Composição de custos industriais e impacto financeiro</i>	54
<i>Análise de Sensibilidade por indicador</i>	55
<i>Análise de Sensibilidade por variável</i>	59
5.4. Conclusão.....	65

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
Anexo 01 – Lista de equipamentos da unidade de extração e detoxicação de óleo de mamona com capacidade para 1,6 toneladas por dia.....	73
Anexo 02 – Lista de equipamentos da unidade de extração e detoxicação de óleo de mamona com capacidade para 120 toneladas por dia.....	74
Anexo 03 – Investimentos fixos para a indústria de 1,6 e 120 toneladas por dia sem e com detoxicação.	77
Anexo 04 – Investimento em capital de giro para a indústria de 1,6 e 120 toneladas por dia sem e com detoxicação.....	78
Anexo 05 – Custos variáveis para a indústria de 1,6 e 120 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta.....	79
Anexo 06 – Custos fixos para a indústria de 1,6 e 120 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta.....	81
Anexo 07 – Receitas para a indústria de 1,6 e 120 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta.....	82
Anexo 08 – Financiamento de equipamentos e capital de giro para indústria de 120 toneladas por dia sem e com detoxicação.....	83
Anexo 09 – Fluxos de Caixa.....	84
Fluxo de caixa para indústria com processamento de 1,6 toneladas por dia sem detoxicação de torta.....	84
Fluxo de caixa para indústria com processamento de 1,6 toneladas por dia com detoxicação de torta.	85
Fluxo de caixa para indústria com processamento de 120 toneladas por dia sem detoxicação de torta.....	86
Fluxo de caixa para indústria com processamento de 120 toneladas por dia com detoxicação de torta.....	87
Anexo 10 – Ponto de equilíbrio das indústrias de 1,6 e 120 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta de mamona.....	89

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 01.– Produção Nacional de Biodiesel Puro B100.....	7
Figura 02 – Fluxograma do processo de produção do óleo de mamona e detoxicação da torta ou farelo na escala de 1,6 toneladas/dia.....	32
Figura 03 – Fluxograma do processo de produção do óleo de mamona e detoxicação da torta ou farelo na escala de 120 toneladas/dia.....	34
Figura 04 – Investimento total das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 1,6 toneladas de mamona por dia sem e com detoxicação.....	50
Figura 05 – Custo de produção das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 1,6 toneladas de mamona por dia sem e com detoxicação.	50
Figura 06 – Ponto de equilíbrio das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 1,6 toneladas de mamona por dia sem e com detoxicação.....	50
Figura 07 – Taxa Interna de Retorno das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 1,6 toneladas de mamona por dia sem e com detoxicação.....	51
Figura 08 – Tempo de retorno de capital das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 1,6 toneladas de mamona por dia sem e com detoxicação.....	51
Figura 09 – Valor presente líquido das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 1,6 toneladas de mamona por dia sem e com detoxicação.....	51
Figura 10 – Investimento das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 120 toneladas de mamona por dia com e sem detoxicação.....	52
Figura 11 – Custo de produção das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 120 toneladas de mamona por dia com e sem detoxicação.....	52
Figura 12 – Ponto de equilíbrio das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 120 toneladas de mamona por dia com e sem detoxicação.....	52
Figura 13 – Taxa interna de retorno das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 120 toneladas de mamona por dia com e sem detoxicação.....	53
Figura 14 – Tempo de retorno do capital das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 120 toneladas de mamona por dia com e sem detoxicação.....	53
Figura 15 – Valor presente líquido das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 120 toneladas de mamona por dia com e sem detoxicação.....	53
Figura 16 – Composição dos custos industriais para 1,6 e 120 toneladas por dia sem detoxicação da torta de mamona.....	54

Figura 17 – Variações na TIR da indústria de 1,6 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta de mamona, alterando-se o preço da mamona, do óleo e preço da torta de mamona.....	56
Figura 18 – Variações na TIR da indústria de 120 toneladas sem e com detoxicação da torta de mamona, alterando-se o preço da mamona, do óleo e preço da torta de mamona.....	58
Figura 19 – Análise de sensibilidade da indústria de 1,6 toneladas por dia variando os preços da torta da mamona sem e com o processo de detoxicação.....	61
Figura 20 – Análise de sensibilidade variando os preços da torta da mamona sem e com o processo de detoxicação com capacidade de processar 120 ton/dia.....	63

LISTA DE TABELAS

	p.
Tabela 1 – Volume produção em 2008 e capacidade de produção em 2009 de biodiesel nos países europeus.....	5
Tabela 2 – Produção de biodiesel em 1000 litros por unidade da federação e por empresa produtora considerando os produtores cadastrados pela Agência Nacional de Petróleo (ANP).....	6
Tabela 3 – Produção mundial e preços de vendas de baga de mamona dos principais países produtores em toneladas.....	9
Tabela 4 – Produção e preços de vendas de baga de mamona nos principais países produtores em toneladas.....	9
Tabela 5 – Produção e consumo mundial de óleo de mamona em milhões de toneladas.....	10
Tabela 6 – Média de preços de venda de óleo de mamona no mercado mundial (US\$/ton).....	11
Tabela 7 – Volume de importações da baga de mamona dos principais países em 1000 toneladas.....	11
Tabela 8 – Área, produtividade e produção de mamona no Brasil, considerando as safras de 2007/08 e 2008/09.....	12
Tabela 9 – Histórico de preços da baga de mamona no Brasil.....	13
Tabela 10 – Volume de exportação e importação brasileira de semente de mamona, exportação e importação brasileira de óleo de mamona.....	14
Tabela 11 – Composição química média das sementes de mamona.....	15
Tabela 12 – Características físico-químicas da torta de mamona.....	16
Tabela 13 – Composição em aminoácidos da torta de mamona.....	16
Tabela 14 – Composição química do farelo e torta de mamona com e sem tratamento com óxido de cálcio.....	17
Tabela 15 – Coeficientes técnicos para as indústrias de 1,6 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta.....	38
Tabela 16 - Coeficientes técnicos para as indústrias de 1,6 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta.....	39
Tabela 17 – Considerações gerais dos projetos com capacidade de extração 1,6 e 120 toneladas por dia de óleo de mamona sem e com detoxicação da torta.....	44
Tabela 18 – Configuração geral do projeto para a indústria de 1,6 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta de mamona.....	45
Tabela 19 – Informações gerais de Investimentos, Custos, Receitas e Indicadores industriais para um horizonte de planejamento de 10 anos ..	48

RESUMO

SILVA, Luana Cristina Andrade da, M. Sc. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009. **Análise de viabilidade econômica de plantas de extração de óleo de mamona com e sem detoxicação da torta.** Orientador: Ronaldo Perez. Co-Orientadores: Aziz Galvão da Silva Júnior e Marco Túlio Coelho Silva.

A produção de óleo de mamona (*Ricinus communis* L.) gera como co-produtos a torta e o farelo que são utilizados como adubo orgânico. A utilização desses co-produtos na alimentação de animais deve ser considerada uma etapa importante do processo, pois há possibilidade de redução de custo de produção e ou aumento nas receitas industriais. Este trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade técnica e econômica da instalação de unidades industriais piloto e comercial de extração de óleo de mamona com o aproveitamento da torta e farelo para compor ração animal. Para isso estudou-se parâmetros de detoxicação da torta e farelo de mamona e utilizou-se o sistema computacional Biosoft que é uma ferramenta de apoio para decisões de implantação de unidades produtoras de óleo vegetal, para avaliar a viabilidade econômica dos processos. Concluiu-se que é possível implantar unidades de extração com linha de detoxicação do farelo de mamona e que para unidades de porte comercial maiores que 100 toneladas por hora, pode haver um aumento nas receitas da indústria devido à agregação de valor a torta ou farelo da mamona.

ABSTRACT

SILVA, Luana Cristina Andrade da, M. Sc. Universidade Federal de Viçosa, July, 2009. **Economic feasibility analysis of castor oil extraction plants with and without cake detoxification.** Adviser: Ronaldo Perez. Co-Advisers: Aziz Galvão da Silva Júnior and Marco Túlio Coelho Silva.

Production of castor oil (*Ricinus communis* L.) generates cake and meal as co-products which are used as organic fertilizers. Utilization of these co-products as an animal feed should be considered an important step in the process since there is the possibility to reduce production costs and/or increase its use in industrial recipes. The objective of this study was to evaluate technical economic feasibility and economics of installation of industrial pilot and commercial castor oil extraction units with the combined use of the cake and meal in animal feeds. For this, parameters for detoxification of the castor cake and meal were studied using a the Biosoft computational system which is a tool to aid decisions for implementation of vegetable oil producing units, to evaluate the technical feasibility and economics of the processes. It was concluded that it is possible to implement extraction units together with castor meal detoxification processes; and for commercial units greater than 100 tons per hour, there may be an increase in industrial recipes due to increase in value of the castor cake or meal.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção de biodiesel representa uma excelente oportunidade para o agronegócio brasileiro. A indústria do biodiesel, entretanto, confronta-se com o desafio de comprar oleaginosa e/ou óleos vegetais a preços que viabilizem, ao mesmo tempo, o investimento industrial e os esforços e custos do produtor rural.

Unidades de extração de óleo de mamona para a produção de biodiesel em pequena escala na agricultura familiar são economicamente inviáveis, devido ao alto investimento em equipamentos, oscilações no preço da matéria-prima e baixo aproveitamento da torta, resíduo obtido no processo de extração do óleo, que contém alto teor de proteína, a qual pode ser utilizada na alimentação animal caso detoxicada.

A utilização adequada de co-produtos da extração de óleo é fator crítico para o sucesso de toda a cadeia de produção, condição indispensável para a viabilização da mamona na cadeia do biodiesel. A produção animal seja ela a pecuária de leite, pecuária de corte, avicultura ou suinocultura, torna-se importante para a cadeia do biodiesel, pois é fato que resíduos gerados pela produção de biocombustível podem ser aproveitados como alimento animal, o que poderá aumentar as receitas industriais, beneficiar e viabilizar a agricultura familiar.

A torta de mamona é o resíduo da extração do óleo das sementes da mamoneira (*Ricinus communis* L.), produzida na proporção aproximada de 1,2 a 1,3 toneladas para cada tonelada de óleo extraída (Azevedo e Lima, 2001), corresponde a aproximadamente 50% a 60% do peso das sementes, valor que pode variar de acordo com o teor de óleo da semente e do processo industrial de extração do óleo. É comumente utilizada como adubo orgânico, por conter alto teor de nitrogênio (Severino *et al.*, 2004).

Tem em sua composição valores de 28,74 a 42,5% de proteína bruta (Costa *et al.*, 2004; Souza, 1979), o que a torna atraente para alimentação animal. A presença de princípios tóxicos e alergênicos (ricina, ricinina e CB-1A) tem tornado inviável essa alternativa (EMBRAPA, 2005).

Entretanto, há possibilidade de detoxicar o farelo de mamona para seu aproveitamento como ração animal, visto que o produto contém proteínas de qualidade (Savy e Banzatto, 1983).

Caso seja confirmada a viabilidade técnica da detoxicação, haverá o aumento do valor agregado do co-produto, possibilitando a criação de novos canais de comercialização, possibilitando o aumento da receita da indústria e consequentemente um aumento da competitividade da cadeia produtiva da mamona.

A viabilidade deve ser avaliada nas condições técnicas da detoxicação e viabilidade econômica da implantação de pequena unidade e de escala industrial. Tem-se como condição para o sucesso desse processo, a previsão de um baixo custo e o retorno econômico dos investimentos.

Dessa maneira, este estudo, se propõe avaliar a viabilidade e rentabilidade desse negócio, indicando a possibilidade da sustentabilidade total e não apenas do processo de detoxicação.

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do estudo foi a coleta de parâmetros de detoxicação da torta ou farelo de mamona para avaliação de viabilidade técnica do processo e viabilidade econômica do processo a nível industrial.

2.1. Objetivos específicos

- Realizar uma análise comparativa de custos e retornos econômicos de unidades de extração de óleo de mamona, com e sem detoxicação da torta ou farelo;
- Avaliar a viabilidade econômica da montagem de equipamentos de unidades de extração de óleo e detoxicação da torta ou farelo de mamona em pequena e média escala comercial.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Histórico da produção de biodiesel

O biodiesel tem sua produção e uso incentivados no Brasil e no mundo. No Brasil, em julho de 2003 foi criado o Grupo de Trabalho Interministerial com objetivos de apresentar estudos sobre a viabilidade da utilização de biodiesel como fonte alternativa de energia, cujos resultados possibilitaram o estabelecimento do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). A Lei nº. 11.097/2005 introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira e fixou um percentual mínimo de 2 % em volume de biodiesel sobre o óleo diesel comercializado ao consumidor final em 2008 e de 5 % até 2013.

Em função da aceleração da implantação de unidades de produção de biodiesel, em julho de 2008, o óleo diesel comercializado em todo o Brasil passou a conter, obrigatoriamente, 3% de biodiesel (ANP, 2008).

De acordo com a *Biofuels Platform* (2009), a produção mundial de biodiesel é de aproximadamente 13102 milhões de litros/ano. A União Européia lidera a produção com o volume de 8733 milhões de litros/ano. A Alemanha é a maior produtora de biodiesel, com capacidade de produzir um 3175 milhões de litros por ano a partir da canola (colza). Os agricultores plantam esta oleaginosa para nitrogenar o solo exaurido e da planta extraem o óleo, que é a principal matéria prima para a produção de biodiesel. Na França são produzidos aproximadamente 2044 milhões de litros de biodiesel por ano, sendo este país o segundo maior produtor europeu. Diferente da Alemanha, que distribui biodiesel puro. A França fornece biocombustível misturado com o óleo diesel na proporção de 5% para carros de pequeno porte e de 30% para veículos maiores, como ônibus.

Na Tabela 01 encontra-se o volume de produção de biodiesel por países europeus.

Tabela 01 – Volume produção em 2008 e capacidade de produção em 2009 de biodiesel nos países europeus.

Países	Produção (milhões de litros/2008)	Capacidade de produção (milhões de litros/2009)*
Alemanha	3175	5200
Áustria	240	707
Bélgica	312	705
Bulgária	12	435
Chipre	10	20
Dinamarca	150	140
Eslováquia	164	247
Eslovênia	10	100
Espanha	233	3656
Estônia	-	135
França	2044	2505
Finlândia	96	340
Grécia	120	715
Holanda	114	1.036
Hungria	118	186
Irlanda	27	80
Itália	670	1910**
Letônia	34	136
Lituânia	74	147
Luxemburgo	-	-
Malta	1	8
Polônia	310	580
Portugal	302	468
Romênia	73	307
Suécia	111	212
Reino Unido	216	609
República Theca	117	325
UE	8733	20909

* Cálculo com base em 330 dias úteis por ano e por planta.

** Indicando a capacidade adicional de hidrodiesel.

Fonte: *Biofuels Plataforma* (2009); *European Biodiesel Board* (2009)

De acordo com a Agência Nacional de Petróleo (ANP), o Brasil produziu 556 milhões de litros de biodiesel no ano de 2008.

Em 2008 a produção de biodiesel se concentrou nos estados de Rio Grande do Sul, São Paulo e Maranhão, sendo responsáveis por 55,3%, 33,0% e 6,53%, respectivamente do total produzido. Algumas empresas com maior produção de biodiesel no mercado foram listadas na Tabela 02 a seguir.

Tabela 02 – Produção de biodiesel em 1000 litros por unidade da federação e por empresa produtora considerando os produtores cadastrados pela Agência Nacional de Petróleo (ANP).

Estado	2006	2007	2008	2009*
Rio Grande do Sul	-	42696	306056	279788
São Paulo	21251	36885	185594	142560
Tocantins	-	22773	13135	17430
Paraná	100	12	7294	14865
Minas Gerais	311	138	-	21293
Piauí	28604	30474	4548	3616
Maranhão	-	23509	36172	10856
Pará	2421	3717	2625	1872
Rondônia	-	99	228	1455
Mato Grosso	13	15170	284923	214896
Goiás	10108	110638	241364	178351
Ceará	1956	47276	19208	32499
Bahia	4238	70942	65982	42337
Brasil	69002**	404329**	1164128**	965252**
Empresa Produtora	2006	2007	2008	2009
ADM (Rondonópolis/MT)	-	1388	171652	104276
Oleoplan (Veranópolis/RS)	-	7770	95646	113739
Granol (Anápolis/GO)	10108	67946	131975	85441
Caramuru (São Simão/GO)	-	42692	108271	80362
Biocapital (Charqueada/SP)	454	30892	69665	52601
Bracol - ex Bertin (Lins/SP)	-	1166	69196	47563
Fertibom (Catanduva/SP)	362	4546	16376	18230
Brasil Ecodiesel (Crateus/CE)	1954	47276	14417	6694
Brasil Ecodiesel (Floriano/PI)	28604	30474	4548	3616
Brasil Ecodiesel (Iraquara/BA)	4210	66321	36264	13280
Agropalma (Tapana/PA)	2421	3717	2625	1549

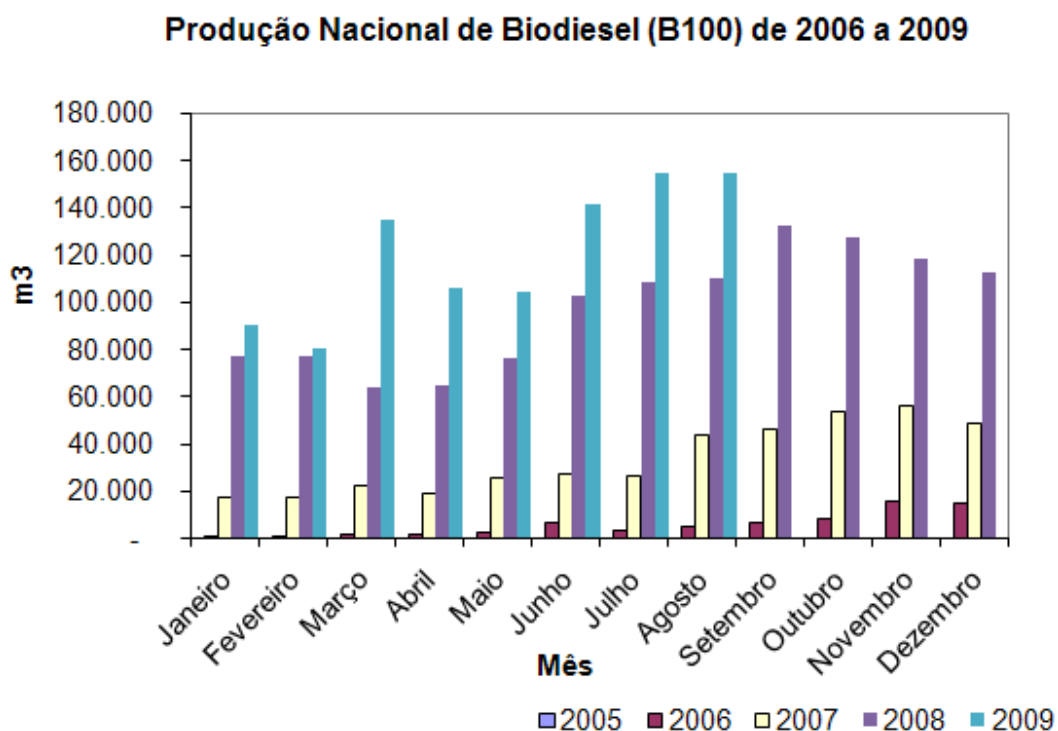
* Considerando a produção até o mês de agosto de 2009.

** Dados com valores não divulgados que são considerados na soma da produção total de biodiesel pela ANP.

Fonte: ANP (2009), elaborada pela autora.

De acordo com dados da ANP, a região Sul e Sudeste brasileira tem apresentado maior volume de produção de biodiesel (B100) nos dois últimos anos. O Sul teve uma produção de 42708 litros em 2007, 313350 em 2008 litros e 294653 litros de biodiesel e até o mês de agosto de 2009. O Sudeste foi o segundo maior produtor, tendo em 2007 produzido 37023 litros de biodiesel, 185694 em 2008 e até agosto de 2009 produziu 163853 litros. O Nordeste até agosto de 2009 foi responsável por produzir 78452 litros de biodiesel.

De acordo com dados da ANP, o Brasil apresentou maior produtividade no ano de 2008 principalmente no mês de setembro desse ano (Figura 01).



Fonte: ANP (2009).

Figura 1 – Produção Nacional de Biodiesel Puro B100.

É importante salientar que os dados são baseados na produção das unidades autorizadas pela ANP e que podem ocorrer variações percentuais no somatório dos valores desde o mês de janeiro até um determinado mês do ano de 2009.

3.2. Mercado da mamona

O Brasil tem papel de destaque no cenário mundial, por ter um amplo território com clima favorável ao cultivo de grande variedade de matérias-primas potenciais para produção de biocombustíveis e um setor de pesquisa agropecuária avançado.

A mamona é uma cultura sequeira que pode ser rentável em certas áreas do semi-árido nordestino, já que o clima deste local é pouco favorável para outras

culturas. Foi eleita como principal oleaginosa no início do PNPB, tendo por objetivo beneficiar especialmente a agricultura familiar da Região Nordeste, pois poderia utilizar terras que eram deixadas em segundo plano e promover melhoramento das condições de vida no local. Contudo a mamona, não vem apresentando desempenho esperado por falta de coordenação entre os elos industrial e agrícola e devido ao elevado preço de comercialização do óleo. Além disso, a produtividade da mamona no campo é baixa e os custos de produção são altos, sendo portando, necessário aperfeiçoar a produtividade desta oleaginosa, reduzir os custos para viabilizar a sua compra.

Segundo Sartori (2007), a expectativa inicial era de o Brasil produzir cerca de 50% do total de biodiesel a partir da mamona, no entanto, em função dos preços e da organização da cadeia produtiva, ocupa modesto percentual na produção de biodiesel.

O que se percebe é que o ciclo de exploração econômica e cadeia produtiva ainda não estão organizados, o que gera oscilações no volume de produção e dos preços, assim como as flutuações na demanda externa (Ponchio, 2004).

Dados mundiais

A produção mundial da baga da mamona e participação dos principais países produtores em toneladas de 2000 a 2007 está indicada na Tabela 03. A Índia, o maior produtor mundial, contribuiu com 68,61% na produção total no mundo, acompanhada pela China e Brasil.

Tabela 03 - Produção mundial e preços de vendas de baga de mamona dos principais países produtores em toneladas.

Produção mundial de baga de mamona em toneladas									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007 (%)
Índia	882,80	652,70	428,00	801,00	793,00	991,00	730,00	830,00	68,61
China	300,00	260,00	265,00	258,00	250,00	250,00	240,00	210,00	17,36
Brasil	100,73	99,94	170,90	83,68	138,74	168,80	92,33	91,51	7,56
Etiópia	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	1,24
Outros	61264	64862	58857	62196	60815	63169	63088	63247	5,23
Mundo	1359,796	1092,503	937,754	1219,878	1257,560	1487,971	1140,415	1209,757	100

Fonte: FAO (2009).

A Tabela 04 indica os preços de venda da baga de mamona nos principais países comercializadores. Os preços da tonelada de mamona apresentados indicam que houve variações em alguns países no decorrer de seis anos, assim como a China, que apresentou redução desse valor de 1998 a 2006. A Índia em 2006, foi o país que apresentou maior preço de venda da tonelada da baga de mamona, acompanhada pela China e Paquistão.

Tabela 04 - Produção mundial e preços de vendas de baga de mamona dos principais países produtores em toneladas.

Preços de vendas da baga de mamona (US\$/tonelada)									
Índia	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
China	282,75	276,81	246,59	282,71	321,36	351,70	394,75	423,32	377,39
Paquistão	484,00	568,12	571,60	497,16	346,87	325,72	310,19	302,89	324,58
Tailândia	268,32	180,06	167,50	138,53	277,53	287,00	286,71	294,03	316,59
Brasil	271,28	286,14	267,00	225,06	224,16	222,97	239,54	246,34	234,33
Paraguai	203,36	175,23	244,24	160,75	183,89	214,59	242,26	213,89	206,73

FAO (2009).

De acordo com o *Castor Oil* (2009), o mercado mundial do óleo de mamona é sustentado pela Índia, China, Brasil, União Soviética, Tailândia, Filipinas e Etiópia. Esses países representam 88% da produção mundial de óleo de mamona.

Historicamente, Brasil, China e Índia tem sido os principais produtores mundiais, no entanto, desde início da década de 90, houve mudanças na China, onde o consumo interno foi capaz de consumir todo o óleo produzido por esse país.

A produção global de óleo de mamona é estimada em cerca de 500000 a 550000 toneladas, sendo que a Índia contribui com mais de 50% no total. Os principais países consumidores são da União Européia, Japão, Estados Unidos, China e Índia, sendo que os países emergentes são potenciais consumidores. Na Tabela 05 estão os principais países consumidores de óleo de mamona com a produção de óleo em 2004 e 2005 e a quantidade consumida por eles.

Tabela 05 – Produção e consumo mundial de óleo de mamona em milhões de toneladas.

Países	Produção do óleo de mamona (2004/2005)	Consumo (2004/2005)	Consumo (2006/2007)
China	105,70	167,00	170,00
União Européia	4,60	130,00	130,00
Índia	336,00	82,00	85,00
Brasil	10,40	55,00	60,00
EUA	-	40,00	40,00
Japão	-	22,00	20,00
Tailândia	-	-	15,00
Outros	30,60	42,00	10,00
Total	476,90	538,00	530,00

Fonte: Castor Oil (2009); *Biotor Industries Limited* (2009).

O preço do óleo de mamona vem aumentando, 55 % de 2002 a junho de 2008 (Tabela 06) (Castor Oil, 2009). Os altos preços do óleo de mamona dificultam a comercialização desta matéria-prima para ser utilizada para a produção de biodiesel.

Tabela 06 – Média de preços de venda de óleo de mamona no mercado mundial (US\$/ton).

Ano	Preços (US\$/ton)
2002	900
2003	925
2004	925
2005	925
2006	950
2007	1050
2008 (fevereiro)	1200
2008 (junho)	1400

FAO (2009).

O Brasil é o segundo maior importador mundial de óleo de mamona, contribuiu com 36,09 % da importação no período de 1998 a 2006, sendo a Índia o seu principal fornecedor, que contribuiu com 47,27% das exportações.

A Tabela 07 mostra o volume das importações da baga de mamona nos principais países.

Tabela 07 - Volume das importações da baga de mamona dos principais países em 1000 toneladas.

Volume das importações da baga de mamona em 1000 toneladas										
País	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	% 2006
China	0,04	0,01	0,03	0,01	0,21	0,33	5,14	6,04	8,41	47,27
Brasil	0,25	0,25	0,45	0,93	3,62	9,33	9,64	7,53	6,42	36,09
Tailândia	6,74	6,17	7,42	6,20	4,61	2,40	8,01	1,99	1,95	10,98
Estados Unidos	0,01	-	0,11	0,01	0,04	0,13	0,02	0,42	-	-
Outros	17,40	21,17	31,29	20,38	11,33	8,28	0,82	0,68	1,01	5,66
Mundo	24,44	27,6	39,3	27,53	19,81	20,47	23,63	16,66	17,78	100

Fonte: FAO (2009).

Como pode ser visto em 2006 o Brasil importou aproximadamente 6,42 mil toneladas da baga de mamona. Dados referentes a importações em 2007 e 2008 não foram encontrados ou não houve importação a nível significativo isso pode ser

reflexo da mudança de comportamento do mercado interno, que desde 2007 passou a importar em maior quantidade o óleo de mamona e deixou de importar a baga.

Dados Nacionais

A safra brasileira de mamona 2008/2009 segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2009) foi de aproximadamente 131 mil toneladas, esta quantidade representa uma safra 6 % maior que a do ano agrícola anterior. As Tabelas 08, 09 e 10 a seguir mostram a produção da baga de mamona por regiões brasileiras, indicando área plantada, produtividade e produção e estados brasileiros com o histórico de preços da comercialização deste produto.

Tabela 08 – Área, produtividade e produção de mamona no Brasil, considerando as safras de 2007/08 e 2008/09.

Região UF	Área (em mil ha)		Produtividade (em Kg/ha)		Produção (em mil toneladas)	
	Safra 07/08	Safra 08/09	Safra 07/08	Safra 08/09	Safra 07/08	Safra 08/09
Nordeste	155,90	158,10	727,00	777,00	113,50	122,80
PI	2,70	2,70	415,00	600,00	1,10	1,60
CE	26,40	26,40	430,00	622,00	11,40	16,40
RN	0,10	0,10	635,00	716,00	0,10	0,10
PE	3,70	3,70	430,00	513,00	1,60	1,90
BA	123,00	125,20	807,00	821,00	99,30	102,80
Sudeste	6,80	5,80	1456,00	1405,00	9,90	8,10
MG	5,60	4,60	1505,00	1370,00	8,40	6,30
SP	1,20	1,20	1226,00	1540,00	1,50	1,80
Brasil	162,70	163,90	758,00	799,00	123,40	130,90

Fonte: CONAB (2009).

O Nordeste foi a região que apresentou maior disponibilidade de área para cultivo de mamona nas safras de 2007 a 2009, mas teve menor produtividade para este período, apesar de ter produzido mais que a região Sudeste. Essa última, apresentou maior produtividade/ha entre 2007 a 2009, o que indica melhor aproveitamento de área disponível ou utilização de cultivares de melhor produtividade.

O Estado Bahia tem apresentado maior produção de baga mamona, sendo responsável em 2007 por 76,82% do total produzido. Esse fato pode ser consequência da disponibilidade de área para cultivo para essa oleaginosa, além da região apresentar características favoráveis a reprodução da mamoeira. Uma das maiores empresas de produção de óleo de mamona, a Bom Brasil, encontra-se na Bahia, o que impulsiona seu cultivo na região. A Tabela 09 abaixo apresenta o histórico dos preços de venda da baga de mamona no Brasil.

Tabela 09 – Histórico de preços da baga de mamona no Brasil.

Preços da baga (R\$/tonelada)										
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
235,83	318,33	450,83	379,17	427,50	644,17	790,83	664,17	550,83	608,33	720,00

Fonte: FAO (2009).

Segundo dados da Aboissa (2009) o preço do óleo de mamona comercializado no Brasil tem sido em média, nos últimos cinco meses, aproximadamente 2,4 vezes superior ao do óleo de soja que é atualmente o mais utilizado pela indústria produtora de biodiesel, o que dificulta sua inserção no processo produtivo.

Possivelmente não tem havido exportações e importações no Brasil, nos últimos anos, porque a baga de mamona deixou de ser comercializada e passou-se a exportar ou importar o óleo de mamona, como mostra a Tabela 10.

Tabela 10 – Volume de exportação e importação brasileira de semente de mamona, exportação e importação brasileira de óleo de mamona.

Exportação e importação brasileira de semente de mamona (kg)						
Exportação	2003	2004	2005	2006	2007	2008
US\$ FOB	-	24242	197644	146743	-	-
Peso líquido (Kg)	-	11467	15400	27500	-	-
Importação	2003	2004	2005	2006	2007	2008
US\$ FOB	-	-	-	-	-	-
Peso líquido (Kg)	-	-	-	-	-	-
Exportação e importação brasileira de óleo de mamona (kg/UF)						
Estados	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BA (EXP)	-	457330	11212090	3631603	418620	94240
BA (IMP)	-	1437520	-	-	3303650	5472675
SP (EXP)	-	368973	569900	709240	320340	49630
SP (IMP)	-	18683	5807	4749	342349	461919
PR (EXP)	-	118	120	1755	6830	-
PR (IMP)	-	27	90	1000	11211	76022
ES (IMP)	-	-	-	800	4005	3000
RJ (IMP)	-	92	54	3485	7188	5009
SC (IMP)	-	457330	11212090	3631603	418620	94240
RS (IMP)	-	1437520	-	-	3303,650	5472,675
Brasil (EXP)	-	826421	11782110	4342598	745790	143870
Brasil (IMP)	-	1456322	6121	10416	3737511	6152680

Fonte: Aliceweb (2009).

O mercado brasileiro de óleo de mamona, entre 2007 e agosto de 2008 se apresentou dependente de importações.

De acordo com Aliceweb (2009), o volume de óleo de mamona importados e exportados pelo Brasil indicam o Estado da Bahia tem sido nestes últimos quatro anos o maior exportador e importador de óleo de mamona, sendo responsável por 88,90% das importações e 65,50 % das exportações até o mês de agosto de 2008.

3.3 Caracterização da mamona e da torta de mamona

A mamoeira (*Ricinus communis* L.) é uma planta oleaginosa de importância relevante econômica e social, com inúmeras aplicações industriais como produção de plástico, siderurgia, sabões, cosmética, tintas, dentre outras. Esta espécie tem característica sequeira, produz sementes com diferentes tamanhos, formatos e de grande variabilidade de coloração. Está disseminada em quase todo o Nordeste, cujas condições climáticas são propícias ao seu desenvolvimento e crescimento (Embrapa, 2006). A composição desta oleaginosa está descrita na Tabela 11 a seguir.

Seu sistema de produção pode ser praticado por pequenos produtores, é intensivo em mão-de-obra e pode ser cultivada em consórcio e ou rotação com outras culturas.

Tabela 11 – Composição química média das sementes de mamona.

Componente	%
Umidade	5,50
Óleo bruto	48,60
Proteína bruta	17,90
Fibra bruta	12,50
Cinzas	2,50
Carboidratos	13,00

Fonte: Azevedo e Lima (2001).

O teor de óleo na semente da mamoeira varia de 35 a 55 % nas variedades cultivadas e bem menos nos tipos asselvajados. O óleo é impróprio para o consumo humano, tendo cerca de 90 % de sua constituição de ácido graxo ricinoléico (Costa, 2006).

Na semente tem-se em média 17,90 % de proteína bruta, 12,50 % de fibra bruta, sendo o principal componente o óleo bruto, com média de 48,60 % (Freire, 2001).

A extração do óleo de mamona gera o co-produto torta ou farelo, que possui alto teor de proteínas, sendo produzido na proporção de 1,2 toneladas para cada tonelada de óleo extraída (Zuchi, 2007), ou seja, corresponde a 55 % do peso das sementes, valor que pode variar de acordo com o teor de óleo da semente e do processo industrial de extração. É um resíduo rico em nitrogênio e fósforo (Tabela 12), fato que justifica o uso deste co-produto principalmente como adubo orgânico.

Tabela 12 – Características físico-químicas da torta de mamona.

Torta de mamona	Teor (%)
Matéria seca	97,26
Proteína	41,07
Lipídios	1,34
Fibra	37,49
Cinzas	4,30
Nitrogênio	7,54
Fósforo	3,11
Potássio	0,66
Cálcio	0,75
Magnésio	0,51

Fonte: Sampaio *et al.* (2008); Azevedo e Lima (2001).

Além disso, esse co-produto contém aminoácidos, conforme a Tabela 13, o que a torna atraente para alimentação animal, enfatizando que esse co-produto é deficiente em triptofano.

Tabela 13 – Composição em aminoácidos da torta de mamona.

Aminoácido	%	Aminoácido	%
Alanina	2,20	Glutamina	34,90
Arginina	17,90	Histidina	1,40
Asparagina	3,60	Isoleucina	3,50
Cistina	6,40	Leucina	4,70
Fenilalanina	1,50	Glutamina	34,90
Glicina	3,00	Lisina	5,30
Glutamina	34,90	Metionina	1,40
Histidina	1,40	Prolina	2,00
Isoleucina	3,50	Serrina	6,40
Fenilalanina	1,50	Tirosina	1,70
Glicina	3,00	Treonina	1,10
		Valina	3,10

Fonte: Trugo, 1979.

Soares (2008) ressaltou a importância da utilização da torta ou farelo de mamona para compor ração animal, desde que sejam detoxificados. Experimentos conduzidos pela Universidade Federal de Viçosa indicaram que após detoxificada com Ca(OH)_2 , a torta e ou farelo de mamona utilizadas para compor ração animal não alteram a composição de carboidratos do alimento. A análise realizada por esse experimento também indicou a composição química da torta e do farelo de mamona, detoxificados ou não (Tabela 14).

Tabela 14 – Composição química do farelo e torta de mamona com e sem tratamento com óxido de cálcio.

Itens ¹	Co-produto			
	<i>Farelo tóxico</i>	<i>Farelo detoxicado</i>	<i>Torta tóxica</i>	<i>Torta detoxificada</i>
MS (%)	88,09	89,44	89,00	86,28
MO ²	90,18	85,77	93,08	88,37
PB ²	37,32	37,83	33,70	34,03
NNP ³	22,27	23,25	29,61	30,20
NIDN ³	17,60	28,95	12,49	18,90
NIDA ³	4,85	5,52	6,77	6,94
EE ²	3,14	2,00	7,98	5,48
FDN ²	55,80	56,70	55,15	56,41
FDNcp ²	46,50	41,33	48,30	45,51
CNFcp ²	3,22	4,61	3,10	3,35
FDA ²	41,12	38,02	43,89	43,34
Lignina ²	4,52	3,97	4,29	3,86
Lignina/FDNcp	9,71	9,62	8,87	8,48
Cutina ²	25,26	24,94	27,39	26,48
Cutina/FDNcp	54,33	60,34	56,70	58,19
Ca ²	0,78	1,95	0,72	2,14
P ²	0,68	0,65	0,84	0,80
K ²	0,96	0,86	1,11	0,97
Na ²	0,04	0,06	0,05	0,07
Mg ²	0,43	0,38	0,53	0,44

Fonte: Soares (2008).

¹MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; PB: proteína bruta; NNP – nitrogênio não-protéico; NIDN – nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA – nitrogênio insolúvel em detergente ácido; EE – extrato etéreo; FDN – fibra em detergente neutro; FDNco – fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; CNFcp – carboidrato não-fibroso corrigido para cinza e proteína; FDA – fibra em detergente ácido (FDA);

²% base da MS;

³% do nitrogênio total.

De acordo com Azevedo e Lima (2001), a escassez de triptofano na torta impede-a de ser utilizada como única fonte protéica de animais monogástricos (cavalo, suíno, aves, peixes), sendo que para isto, deve-se complementar a

composição pela adição deste composto. Os ruminantes são capazes de sintetizar aminoácidos essenciais, o que possibilita o uso deste co-produto na composição de ração.

Estudos realizados utilizando farelo detoxicado, mostraram que este co-produto apresenta potencial utilização na alimentação animal de ovinos em terminação. A substituição de farelo de soja pelo farelo de mamona detoxicado promoveu melhor conversão alimentar no nível de 46% (Cândido, 2008). A mamona, nas formas de farelo ou torta detoxicadas, podem ser utilizadas na alimentação de ruminantes em substituição ao farelo de soja sem comprometer o consumo e digestibilidade dos nutrientes, sendo que o tratamento com Ca(OH)_2 aumenta o valor nutritivo do farelo e da torta de mamona (Soares, 2008).

3.4 Componentes tóxicos e alergênicos da torta de mamona

A presença de compostos tóxicos na torta de mamona tem sido o grande problema que impossibilita o seu uso comercial na alimentação de animais. Ela é composta por substâncias de atividade tóxica e por uma fração alergênica: a proteína ricina, o alcalóide ricinina e a fração alergênica CB – 1A (Miragaya, 2005), descritos logo a seguir.

3.4.1. A ricina

A ricina é uma proteína encontrada em abundância e exclusivamente no endosperma das sementes de mamona, não sendo detectada em nenhuma outra parte da planta, pertence ao tipo II de uma ampla família de enzimas tóxicas chamadas de proteínas inibidoras de ribossomos (RIP), é termolábil e aglutinante de células vermelhas (Azevedo e Lima, 2001). Leva à morte celular ao interagir com uma invariante adenina do rRNA, impossibilitando a síntese protéica (Lima, 2006). A ricina destrói capilares da circulação sanguínea nos órgãos, os tecidos dos nervos linfáticos, fígado, baço e medula óssea, além de ser resistente a proteólise (Moshkin, 1986; Azevedo e Lima, 2001).

A concentração dessa proteína na semente pode variar entre diferentes genótipos, tendo sido detectados teores de 1,5 a 9,7 mg/g (Pinkerton *et al.*, 1999). Ela é a principal responsável pela toxidez da torta de mamona e, segundo Moshkin (1986), está entre as proteínas de maior toxidez conhecida pelo homem. Devido a isto, a torta de mamona, não vem sendo destinada à alimentação animal, por falta de tecnologia eficiente e viável para o processo de detoxicação (Lima, 2006).

O óleo de mamona não possui ricina, pois toda a proteína da semente permanece na torta ou farelo após o processo de extração, até mesmo porque essa proteína é insolúvel em óleo.

Os principais sintomas da intoxicação por ricina em coelhos foram descritos por Brito e Tokarnia (1996) como: perturbações digestivas, inapetência ou anorexia, fezes escassas, escuras e às vezes pastosas e cólicas. Na necropsia revelou-se que os principais sintomas são percebidos no intestino delgado e seco. O período entre a administração da ricina e morte do coelho variou entre 12 a 68 horas, ressaltando-se que os primeiros sintomas foram percebidos após 8 horas.

3.4.2. A fração alergênica *Castor-bean allergen* (CB-1A)

O complexo alergênico CB-1A é um composto protéico não tóxico, termicamente estável, porém com ação altamente alergênica. Está presente nas sementes (em torno de 3 a 6%), no pólen e em partes vegetativas da planta (Gama, 2006).

Define-se um alérgeno como uma substância normalmente inofensiva, encontrada no ambiente ou nos alimentos e pessoas expostas continuamente a este composto podem apresentar sintomas alérgicos, como conjuntivite, faringite, dermatite urticária e bronquite asmática (EMBRAPA, 2005).

A fração alergênica da torta de mamona se trata de um conjunto de glicoproteínas denominado CB-1A, proteínas com uma porção glicídica associada. Os alérgenos da mamona, assim como a ricina, estão entre os alérgenos de maior poder conhecidos (EMBRAPA, 2005).

A alergenicidade da torta de mamona é um risco ocupacional para as pessoas que trabalham nas indústrias de extração de óleo e para os moradores

dos arredores da indústria, os quais estão expostos à poeira levada pelo vento (Small, 1952, citado por ICOA, 1989).

3.4.3. A ricinina

A ricinina é um alcalóide cristalino de cor branca que pode ser encontrado em todas as partes da planta, podendo ser detectado desde as fases iniciais de desenvolvimento (Azevedo e Lima, 2001). É uma substância fisiologicamente ativa, cujo conteúdo oscila de 87 a 150 mg/100 g de sementes.

O teor de ricinina varia muito entre partes da planta: 1,3 % nas folhas (matéria seca), 2,5 % em plântulas estioladas; 0,03 % no endosperma da semente e 0,15 % na casca da semente (Moshkin, 1986).

O teor do alcalóide nas sementes é influenciado tanto por características genéticas como por estresses ambientais e no fruto, o teor de ricinina é alto na cápsula externa, médio na casca da semente e pequeno no endosperma (Moshkin, 1986).

A contribuição da ricinina à toxicidade da torta é muito pequena por apresentar baixa atividade tóxica e estar presente em baixa concentração (Carvalho, 1978).

3.5. Processos de detoxicação da torta de mamona

A literatura cita que no geral, os métodos desenvolvidos não tiveram aplicabilidade industrial em virtude do alto custo do processo e por prejudicarem a qualidade protéica do produto (EMBRAPA, 2005).

Para que a indústria disponha de um método seguro para processamento da torta de mamona, ICOA (1989) cita alguns passos valem tanto para a desalergenização quanto para a detoxicação:

1. Isolar a substância e estabelecer um procedimento laboratorial confiável para sua caracterização e quantificação;
2. Desenvolver procedimentos de teste, tanto bioquímicos quanto em animais, que forneçam informação segura quanto à completa desativação da substância;

3. Adaptar este procedimento de teste para um processo em escala piloto;
4. Desenvolver técnicas bioquímicas que possibilitem o contínuo acompanhamento do processo de produção industrial, ou seja, que se possa comprovar a qualidade de cada lote produzido na indústria;
5. Acumular informações e tecnologias que dêem suporte ao estabelecimento de uma unidade de produção industrial viável.

Vários métodos desenvolvidos serão descritos a seguir, os quais foram efetivos no processo de detoxicação, apesar de não haverem tido práticas a níveis industriais.

3.5.1. Ricina

A transformação da torta de mamona em um produto atóxico que possa ser usado para alimentação animal já vem há muito tempo despertando a atenção de diversos pesquisadores no mundo, tendo-se obtido alguns resultados satisfatórios, embora alguns passos tecnológicos ainda necessitem ser desenvolvidos para que o produto possa tornar-se economicamente viável.

Há possibilidade de detoxicar a torta de mamona pelo seu cozimento por uma ou duas horas. Em 1938, confirmou-se que o aquecimento a 140 °C durante 60 a 90 minutos era suficiente para eliminar os princípios tóxicos dessa torta. A fervura repetida por curtos períodos de tempo, com mudança da água após cada fervura mostrou-se eficiente na inativação da toxina ricina. Na Hungria tratou-se a torta com vapor de água e posteriormente removeu-se a vácuo o excesso de umidade. A autoclavagem por cerca de 15 minutos e tratamento com ácidos ou álcalis diluídos foram eficazes para inativar a ricina presente na torta (EMBRAPA, 2005).

Freitas (1974) avaliou a detoxicação e desalergenização pelo uso de radiação ionizante, concluindo que a radiação de elevada intensidade (20 Mrad) aplicada à torta misturada com água na proporção de 1:6 (v:v) foi capaz de eliminar ambos os fatores antinutricionais. Porém, radiações de menor intensidade (10 ou 5 Mrad) não foram suficientes para obter o mesmo efeito.

Gardner *et al.* (1960) citado por EMBRAPA (2005) testaram diversos processos para detoxicação da torta de mamona combinando diferentes

temperaturas, adição de produtos químicos e outros processos: adição de produtos alcalinos (NaOH, KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$), amonização, tratamento com diferentes temperaturas, inclusive autoclavagem, tratamentos ácidos, uréia, permanganato de potássio e fermentação aeróbia. Vários desses métodos conseguiram detoxicar totalmente a ricina e o princípio alergênico da torta, sendo os melhores: aquecimento seco a 205°C, cozimento da torta em flocos na presença de 2% de NaOH à pressão de 20 psig, cozimento com 0,9% de HCl e 3% de CH_2O , entre outros. Chegou-se à conclusão de que é possível eliminar o princípio tóxico da torta, mas naquele estudo não se considerou a viabilidade industrial nem econômica desses processos e tampouco se avaliaram as características nutricionais e a palatabilidade do produto obtido.

Soares (2008) avaliou a eficácia de detoxicação do farelo de mamona por tratamento alcalino utilizando $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ou CaO nas doses de 20, 40 ou 60 g/Kg, diluídos ou não em água ou por tratamento térmico e em autoclave com pressão de 1,23 Kgf/cm² ou 15 psi a 123 °C, durante 30, 60 ou 90 minutos para avaliar o efeito desses tratamentos sobre a composição química e cinética da degradação ruminal. O trabalho desenvolvido indicou que os tratamentos alcalinos e térmicos foram eficientes e permitiram o uso da torta e ou farelo de mamona na alimentação de ruminantes, sendo necessário realizar um estudo sobre viabilidade econômica operacional do processo.

A maioria dos métodos de detoxicação referidos na literatura não indicou aplicabilidade industrial em virtude do alto custo do processo e por prejudicarem a qualidade protéica do produto (EMBRAPA, 2005).

3.5.2. Fração alergênica CB – 1A

Embora a alergenicidade não seja tão grave quanto à toxidez, pois dificilmente causa morte de animais ou seres humanos, sua eliminação é mais difícil que a inativação da ricina.

O desenvolvimento de métodos confiáveis e de fácil execução é um dos primeiros requisitos para que a indústria possa operar uma unidade de detoxicação e desalergenização.

O primeiro registro de tentativa de desenvolvimento de um método que eliminasse ao mesmo tempo a toxidez e a alergenicidade foi feito por Gardner *et al.* (1960), citado por EMBRAPA (2005), tendo sido desenvolvidos métodos eficazes mas que ainda careciam de avaliação quanto ao custo e palatabilidade do produto.

Bon (1977) demonstrou a possibilidade de solubilizar as proteínas da torta de mamona utilizando enzimas proteolíticas (papaína, pepsina, subtilisina, pancreatina, protease “Inui”, bomelaína e pronase), mas o método não possui viabilidade para aplicação industrial pelas condições extremas de pH a que precisa ser submetida, pelo alto custo das enzimas e por não obter detoxicação e desalergenização total.

Mottola *et al.* (1971) avaliaram o processo de desalergenização pelo uso de vapor em diversas pressões e tempos de exposição; a inativação dos alérgenos foi obtida, mas percebeu-se que a alta temperatura a que o torta era exposta causava sensível redução do teor do aminoácido lisina. Os mesmos autores apresentaram um método mais próximo da viabilidade técnica, utilizando uma planta-piloto no tratamento da torta adicionada de óxido de cálcio a 4%, submetida a 120°C com vapor durante 15 minutos, na qual se obteve relativa redução da toxicidade e alergenicidade.

Carvalho (1978) testou em laboratório um método em que as proteínas eram solubilizadas e os fatores tóxicos e alergênicos eliminados em solução, procedendo-se à precipitação; o método é considerado pouco prático, pois o pH de extração precisa ser extremamente ácido ou alcalino (1,0 ou 11,0), além de depender de processos de alto custo energético (liofilização) e não ter suficiente eficácia.

Uma equipe da Universidade Norte Fluminense sequenciou as proteínas alergênicas da torta de mamona, obtendo dessas, as características biológicas. Foi desenvolvida uma metodologia eficiente para desativar os compostos alergênicos da fração alergênica pelo uso de Woodward (WRK). No entanto, ainda é necessário otimizar este método para utilizar a torta “*in natura*” com segurança na agroindústria (Gama, 2006).

3.6. A importância do aproveitamento da torta de mamona e usos

O aproveitamento de co-produtos da produção de biodiesel representa uma excelente oportunidade para as indústrias de produção de óleo vegetais viabilizarem os elos da cadeia. Dessa forma, pode-se considerar isso, um fator crítico para o sucesso de toda a cadeia de produção que podem vir a impactar em aumento das receitas das indústrias produtoras de óleo.

Os co-produtos poderão, indiretamente, estimular a pecuária de leite, pecuária de corte, avicultura ou suinocultura, o que indica um elo da cadeia produtiva do biodiesel com a produção indireta de alimentos (Sartori, 2007).

A torta de mamona é utilizada, principalmente, como adubo orgânico devido à presença de compostos tóxicos e alergênicos presentes, além de ser aplicada para controle de nematóides em solos. É comercializada por empresas para agricultura, como substrato para adubos de flores. Outra possibilidade do uso desta, após tratamento para a detoxicação, seria compor ração para ruminantes, ovinos e caprinos, além de animais monogástricos, pois apesar da deficiência de triptofano da torta, é possível fazer o complemento com este aminoácido para uso deste co-produto como alimento de cavalos.

3.6.1. Torta de mamona como alimento animal

Na década de 60, a “Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro S.A”. (SANBRA) produziu torta de mamona detoxicada denominada *Lex Protéico* em escala industrial (Perrone *et al.*, 1966; EMBRAPA, 2007). Em função da disponibilidade desse produto, algumas pesquisas com alimentação animal foram realizadas no Brasil e neste período, obtiveram resultados satisfatórios. Por ser protegido por patente, o processo utilizado pela SANBRA não foi divulgado. O uso do *Lex Protéico* em diversos experimentos confirmou a eficiente eliminação da toxidez, embora Perrone *et al.* (1966), citado por EMBRAPA, (2007), tenham detectado ainda a presença de alérgenos. Segundo ICOA (1989), o *Lex Proteico* foi utilizado durante alguns anos na alimentação de milhares de animais, sem que tenham sido relatados problemas com intoxicação, como também não foram

encontrados relatos na literatura sobre a razão por que o *Lex Proteico* deixou de ser produzido e comercializado.

Em 1979 a Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, avaliou o efeito da torta de mamona detoxificada em níveis de substituição de 33%, 66% e 99% do farelo de soja, sobre o desempenho, valores hematológicos, proteinograma, atividade de algumas enzimas e alterações histopatológicas do fígado em suínos (Souza, 1979). A substituição do farelo de soja por torta de mamona detoxificada piorou o desempenho dos suínos em várias características estudadas, inclusive causando danos ao fígado e anemia. Porém, com a complementação da dieta com os aminoácidos lisina e triptofano proporcionou-se desenvolvimento desses animais dentro da normalidade. Segundo o autor, a redução no teor de lisina pode ter sido causada pela alta temperatura no processo de detoxicação (Souza, 1979; EMBRAPA, 2007).

Bose e Wanderley (1988) estudaram torta de mamona detoxificada em mistura com feno de alfafa em diferentes proporções para alimentação de ovinos e concluíram que a adição de torta de mamona ao feno de alfafa trouxe benefícios, aumentando a digestibilidade das proteínas e da energia, sem qualquer relato a problemas com intoxicação dos animais.

Apesar da alta toxidez, é possível desenvolver imunidade contra a ricina, como comprovado nos estudos de Hewetson *et al.* (1993) que induziram imunidade em ratos, os quais resistiram a doses muito altas de ricina por inalação, confirmando a capacidade de imunização. Tokarina e Döbereiner (1997), citados por EMBRAPA (2005) fizeram testes com bovinos que receberam pequena dose de ricina por ingestão, esses criaram certa imunidade e posteriormente suportaram uma dose mais alta, apresentando sintomas de intoxicação, mas permanecendo vivos, enquanto animais que receberam diretamente a dose mais alta, não resistiram.

Cândido *et al* (2007) estudaram a substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona nos níveis de 0 %, 33 %, 66 % e 100%, com base na matéria seca em rações para ovinos por meio de digestibilidade "*in vivo*". A substituição não influenciou a digestibilidade da matéria seca (MS) das dietas, assim como não influenciou a digestibilidade da fibra indigestível em detergente neutro (FDN), fibra

indigestível em detergente ácido (FDA) e na absorção de proteína bruta (PB). O mesmo autor em 2008 avaliou o efeito da inclusão de farelo de mamona detoxicado na ração para ovinos que proporcionou bons rendimentos, sendo o melhor resultado comercial e biológico obtido no nível de substituição de 67 % de farelo de soja pelo farelo de mamona detoxicado. Substituição de até 40% promoveu melhor desempenho e causou melhora nas características das carcaças dos animais.

Soares (2008) avaliou o desempenho de ovinos alimentados com farelo e torta de mamona tratados com Ca(OH)_2 . O tratamento não foi capaz de desnaturar completamente a ricina, mas possibilitou ampliar a eficiência de utilização dos componentes energéticos e nitrogenados em dieta para ovinos. Este mesmo autor avaliou o uso do farelo detoxicado na alimentação de ruminantes e observou que houve redução da degradabilidade ruminal *in situ* da proteína bruta e da matéria seca. O tratamento com Ca(OH)_2 indicou potencial melhoria no valor nutritivo do farelo de mamona.

Portanto, já existe considerável volume de informações sobre a torta de mamona, ricina e fator alergênico, resultado de pesquisas realizadas em diversos países. Por isso se faz necessário à continuidade às pesquisas com os objetivos principais de conhecer suas propriedades e transformá-la em ração animal por meio de tecnologias industriais que sejam economicamente viáveis e que venham contribuir através de maior retorno financeiro para indústrias e ou famílias envolvidas na cadeia produtiva do biodiesel.

3.6.2. Torta de mamona como adubo orgânico

Na Índia, principal país produtor de mamona do mundo, 85% da torta de mamona é utilizada como fertilizante orgânico, já no Brasil, este percentual pode chegar a 100% (Udeshi, 2004). Além de ser uma excelente fonte de nitrogênio, cuja liberação não é tão rápida quanto à de fertilizantes químicos, nem tão lentos quanto à de esterco animal, apresenta ainda propriedades inseticida e nematicida (EMBRAPA, 2007).

Alguns estudos já demonstraram a rapidez com que a torta de mamona se mineraliza e conseqüentemente disponibiliza seus nutrientes. Segundo Bon

(1977), entre 75 e 100% do nitrogênio da torta de mamona foi nitrificado em três meses. Severino *et al.*, (2004), demonstraram que a velocidade de mineralização da torta de mamona, medida pela respiração microbiana, é cerca de seis vezes mais rápida que a de esterco bovino e quatorze vezes mais rápida que o bagaço de cana.

3.6.3. Torta de mamona para controle de nematóides e insetos

Outra forma de uso da torta de mamona que também está associada ao uso como adubo orgânico é como controle de nematóides e insetos. Akhtar e Mahmood (1996), citados por EMBRAPA (2007), demonstraram o efeito da adubação com torta de mamona sobre a redução da população de nematóides fitoparasitas e ainda o aumento da população de nematóides predadores de vida livre, o que propiciou melhor desenvolvimento das plantas de *Cajanus cajan*.

Mashela e Nthangeni (2002) também demonstraram a eficácia de sementes de mamona na supressão do crescimento da população do nematóide *Meloidogyne incognita* em tomateiros (EMBRAPA, 2007),

A ação da torta de mamona, segundo autores (Carlini e Sá 2002) é causada pelos efeitos inseticidas do produto, possibilitando o uso deste como produto natural para controle de pestes. A ricina foi relacionada como tóxica a insetos da ordem Coleoptera (besouros) e dos Lepidoptera (borboletas, mariposas). A toxidez foi obtida pela inserção da ricina da dieta oferecida aos insetos, porém, ela não é tóxica para todos os insetos, pois algumas espécies podem ingerir a proteína, mas não manifestar sintomas de toxidez, embora não se tenha investigado se a proteína é degradada no trato digestivo ou se não consegue atingir as células do animal.

4. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO PROCESSO DE DETOXICAÇÃO DE TORTA OU FARELO DE MAMONA

4.1. Introdução

A torta de mamona é o co-produto da extração do óleo das sementes de mamoneira e possui uma composição proteínicas favorável a utilização para alimentação animal caso não fosse tóxica. Isso despertou interesse de estudiosos para a possibilidade de utilização da mesma na alimentação de animais, mas seria necessário desenvolver um processo que pudesse detoxicar a torta, já que a presença de princípios tóxicos e alergênicos (ricina, ricinina e CB-1A) torna inviável essa alternativa (Moshkin, 1986; Soares, 2008).

Estudos desenvolvidos desde meados de 1930 testaram métodos de detoxicação pelo uso de aquecimento; combinação de diferentes temperaturas, adição de produtos alcalinos (NaOH, KOH, Ca(OH)_2), amonização, tratamento com diferentes temperaturas, inclusive autoclavagem, tratamentos ácidos, uréia, permanganato de potássio e fermentação aeróbia (EMBRAPA, 2005); uso de radiação ionizante (Freitas, 1974); enzimas proteolíticas (Bon, 1977); produção de mamoeiras transgênicas para bloquear a atividade da ricina e do complexo alergênico CB-1A (McKeon, 2002); dentre outros.

Em virtude da ausência de métodos eficientes para a detoxicação, um grupo de pesquisadores de várias instituições brasileiras se integrou em realizar o aproveitamento da torta de mamona para utilizá-la como ração animal.

Dessa forma, o objetivo deste capítulo foi coletar informações dentro do Projeto Aproveitamento Ótimo da Torta de Mamona, financiado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) junto ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, para avaliar a possibilidade da utilização dos coeficientes técnicos desenvolvidos em bancada e aplicá-los em unidades industriais de extração de óleo, incluindo equipamentos que realizassem o processo de detoxicação da torta ou farelo de mamona através de levantamentos no mercado para obter tecnologia aplicada a essa finalidade.

4.2. Materiais e Métodos

Levantamentos

Inicialmente, fez-se coleta parâmetros técnicos e insumos utilizados no método de detoxicação de torta ou farelo de mamona realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), já que o método testado pelos pesquisadores apresentou resultados satisfatórios para alimentar ruminantes. Foram compartilhadas informações durante os experimentos, do modo de preparo, análises físico-químicas.

Discutiu-se e avaliou-se a possibilidade da utilização do método de detoxicação desenvolvido para ser utilizado em nível industrial.

Com base nos conhecimentos levantados e acumulados, bem como discussões com pesquisadores do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFV na área de óleos vegetais e engenheiros de empresas especializadas em produção de equipamentos, chegou-se a montagem da linha de processamento para detoxicação da torta ou farelo de mamona para a finalidade de alimentar animais.

Partindo do pressuposto da eficácia da metodologia de Soares (2008) para a detoxicação da torta ou farelo de mamona, avaliou-se o processo, o que seria necessário para realizar a detoxicação em escala piloto (1,6 toneladas por dia) e escala comercial (120 toneladas por dia).

Foram avaliadas operações necessárias, bem como variações na temperatura e insumos para projeção de equipamentos com tecnologia para realizar o processo de detoxicação do co-produto.

Os orçamentos foram obtidos das empresas Urso Branco (Jaú – SP) e Ercitec (Bauru – SP). Fez-se o cálculo de investimentos necessários para a montagem da unidade de detoxicação acoplada à unidade simples de extração de óleo de mamona. Os equipamentos orçados foram aqueles que são utilizados para realizar a extração tradicional do óleo de mamona e junto a esses, foram indicados equipamentos para a montagem da linha de detoxicação da torta ou farelo (Anexos 01 e 02).

4.3. Resultados e discussões

Os testes laboratoriais determinaram que a detoxicação pode ser realizada a partir de uso de solução alcalina de hidróxido de cálcio, conjugado com umidade e calor. Os experimentos foram conduzidos a partir de torta gorda, produto da prensagem e farelo desengordurado, produto da extração química e os resultados obtidos foram os mesmos, pois se obteve torta e ou farelo de mamona detoxicados.

Na escala experimental o processo de detoxicação foi conduzido a partir da torta ou farelo de mamona com umidade próxima a 8 %. Para realizar o processo de detoxicação inicialmente foi preparada uma suspensão de Ca(OH)_2 em água (pH de 12). A mistura fez com que a umidade do material atingisse 62 %. Após a mistura a torta ou farelo ficaram em descanso durante 12 a 18 h em área cimentada, coberto por lona, período utilizado de modo a permitir a reação de desnaturação da ricina pela presença do agente alcalino. Após este prazo o material foi transferido para área aberta, exposto ao Sol para secagem por 5 h, em temperatura média de 60 °C. O material foi armazenado com umidade de 8%. O processo em escala laboratorial é simples e todas as etapas foram realizadas manualmente considerando que o volume de torta ou farelo de mamona foi de 500 Kg por batelada/dia. Para a preparação da solução utilizou-se de 30 kg de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), em 270 kg de água para cada 500 kg torta ou farelo de mamona. Dependendo do volume de torta ou farelo, a proporção de água e Ca(OH)_2 deverá ser mantida.

As informações coletadas podem demonstrar que os estudos laboratoriais são bastante simples, porém a abrangência do uso desse processo de detoxicação é restrito a pequenos volumes e a um prazo de tempo longo para sua detoxicação, exigindo de uso intensivo de mão de obra. Isso não é possível a nível industrial, pois é necessário operar com grande quantidade de matéria prima, em espaços reduzidos, utilizando ao máximo as tecnologias que possam reduzir custos e tempo de operação.

Desta forma, para se acoplar uma unidade de detoxicação a unidades já instaladas ou mesmo em instalação é necessário se avaliar todo o processo de

extração de óleo vegetal e as etapas que seriam necessárias serem incluídas nessas unidades.

Tomando como base as tecnologias vigentes, sabe-se que existem tecnologias de extração de óleo, a partir de operações mecânicas e a partir de extração mecânica ou química com ou sem clarificação ou refino de óleo de mamona.

Para as unidades tradicionais, apenas com processo de extração de óleo, a linha de processo não sofreria qualquer tipo de alteração nas suas etapas. A acoplagem dos equipamentos de detoxicação seria realizada de forma a complementar aos equipamentos tradicionais de extração de óleo.

Avaliou-se neste estudo uma unidade de 1,6 toneladas por dia ou 100 kg de mamona/hora (denominada de unidade pequena) e uma unidade em escala comercial de 120 toneladas/dia de mamona (denominada de unidade grande).

Unidade de 1056 Kg/dia ou 100 Kg/h

A unidade pequena, por utilizar processo de extração mecânica, geraria ao final do processo uma torta de mamona gorda (teor residual de 12% de óleo, com umidade de 8%). Portanto para utilizar a detoxicação, é necessário utilizar equipamentos a partir deste ponto. Sendo assim na pequena escala, seria necessário acoplar um silo para armazenamento da torta de mamona tóxica, um tanque de mistura de água e hidróxido de cálcio, uma betoneira para mistura, sendo que a secagem ocorreria em área cimentada.

A Figura 02 indica as etapas do processo de extração e detoxicação da torta para essa escala. Desta forma a torta de mamona gerada após a extração do óleo de mamona (1056 Kg), deve ser estocada em silo. Em seguida esse material (66 kg/h de torta produzida) pode ser transferido para uma betoneira manualmente sendo adicionada a suspensão a partir de uso de mangueira. Na betoneira de 120 Kg/h, necessita-se adicionar 35,64 L de água e 3,96 Kg de Ca(OH)_2 para a detoxicação. Todo o material processado nesta etapa seria armazenado em um tanque de descanso durante 12 a 18 h a contar da última parte depositada. Após esse período retirar-se-ia todo o volume manualmente e colocar-se-ia em área cimentada exposta ao Sol para que a umidade do material fosse evaporada de

forma a atingir um percentual de umidade de 8 %, que é um valor satisfatório para armazenamento do co-produto e posterior comercialização do mesmo. Por dia seria necessário 63,36 Kg de Ca(OH)_2 , 570,24 L de água para o volume de torta produzida.

Portanto a unidade de pequena escala teve procedimentos próximos à proposta desenvolvida em escala laboratorial, utilizando de sistemas de mistura e secagem similares, o que não é possível para um escala de 120 toneladas dia.

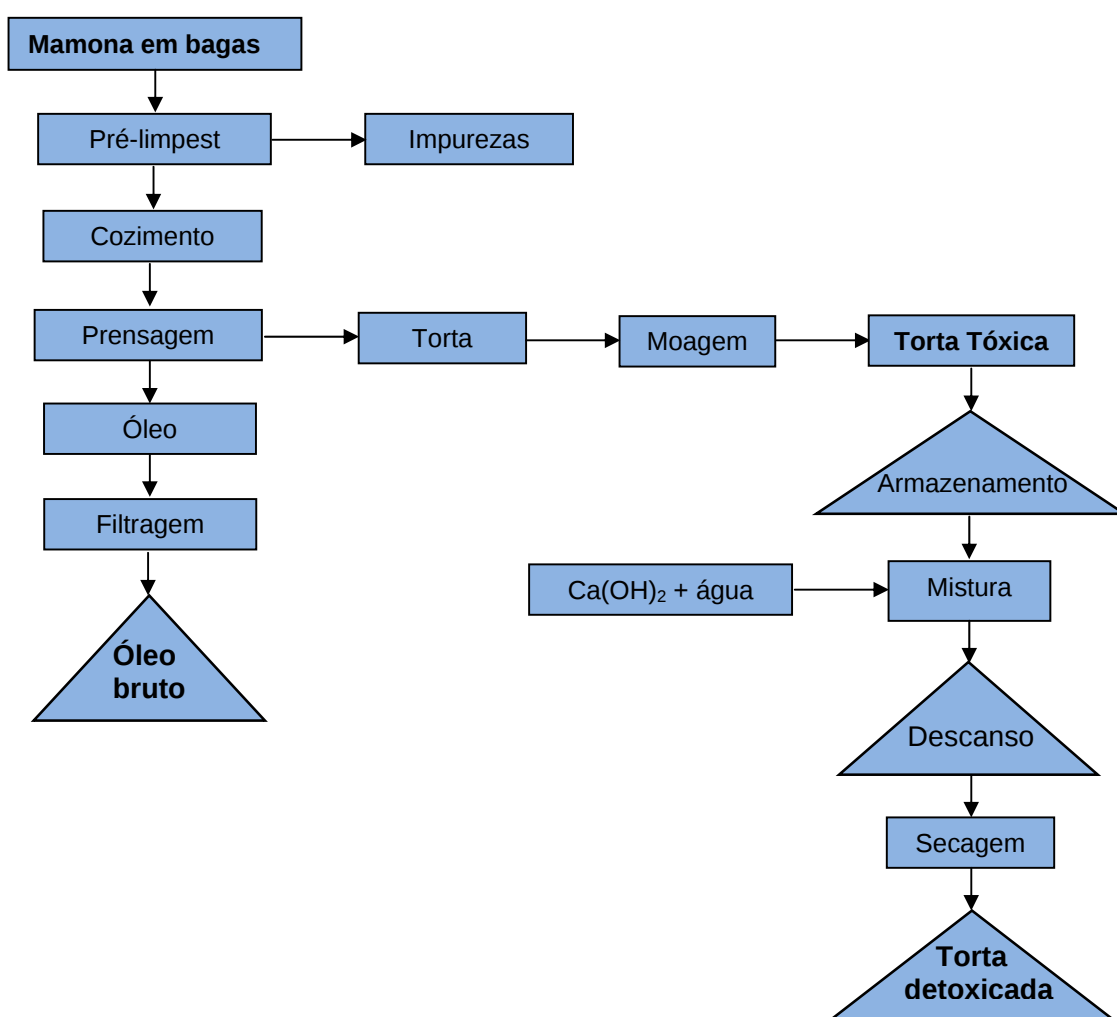


Figura 02 – Fluxograma do processo de produção do óleo de mamona e detoxicação da torta ou farelo na escala de 1,6 toneladas/dia. (Sartori, 2007, modificado pela autora).

Unidade de 120 toneladas/dia ou 2950 Kg/h

Para a unidade de 120 toneladas por dia, indicada na Figura 03, a partir da obtenção do farelo de mamona com teor residual de óleo de 1 %, o material ficaria armazenado em silo de volume compatível ao volume de farelo produzido por dia, que seria de 70800 Kg, totalizando em 2950 Kg/h. O material seria transferido para o silo através transportador e ou elevador durante todas as etapas de transferência do material, portanto a unidade seria completamente automatizada, devido ao volume considerável de produto a ser detoxicado. A suspensão seria preparada em tanques com agitador mecânico, onde seriam adicionados 1593 L de água e 177 Kg de Ca(OH)_2 por hora aos 2950 Kg de farelo produzidos por hora. Ao sair do primeiro silo de armazenamento, o farelo seria encaminhado para esse misturador. Após isso, o material seguiria para silos de armazenamento, onde permaneceriam em descanso até completadas as 18 h necessárias para a reação química do farelo com o Ca(OH)_2 . A secagem do material seria realizada em secador rotativo com fornalha (temperatura de 60 °C) que processaria em torno de 4750 Kg de farelo contendo 1170 Kg de suspensão até atingir-se a umidade adequada para armazenamento do produto que seria de 8 %.

Tanto para a unidade piloto como para a unidade comercial foi possível realizar a montagem da linha de detoxicação pela adição de equipamentos que desempenhariam as etapas necessárias para o processo. A diferença entre a unidade de 1,6 toneladas e 120 toneladas por dia está no fato de que a unidade menor tem o processo simplificado pela possibilidade de maior uso de mão-de-obra em parte da detoxicação enquanto que a unidade maior exige a utilização de equipamentos automatizados devido o grande volume de produção de farelo de mamona.

Portanto, a detoxicação da torta ou farelo de mamona pode ser realizada a nível industrial após o processo tradicional de extração do óleo, em diferentes proporções, seguindo o método experimental de Soares (2009).

As etapas dos processos tradicionais de extração de óleo bruto, degomado e clarificado e de detoxicação da torta ou farelo de mamona estão indicadas na Figura 03 a seguir.

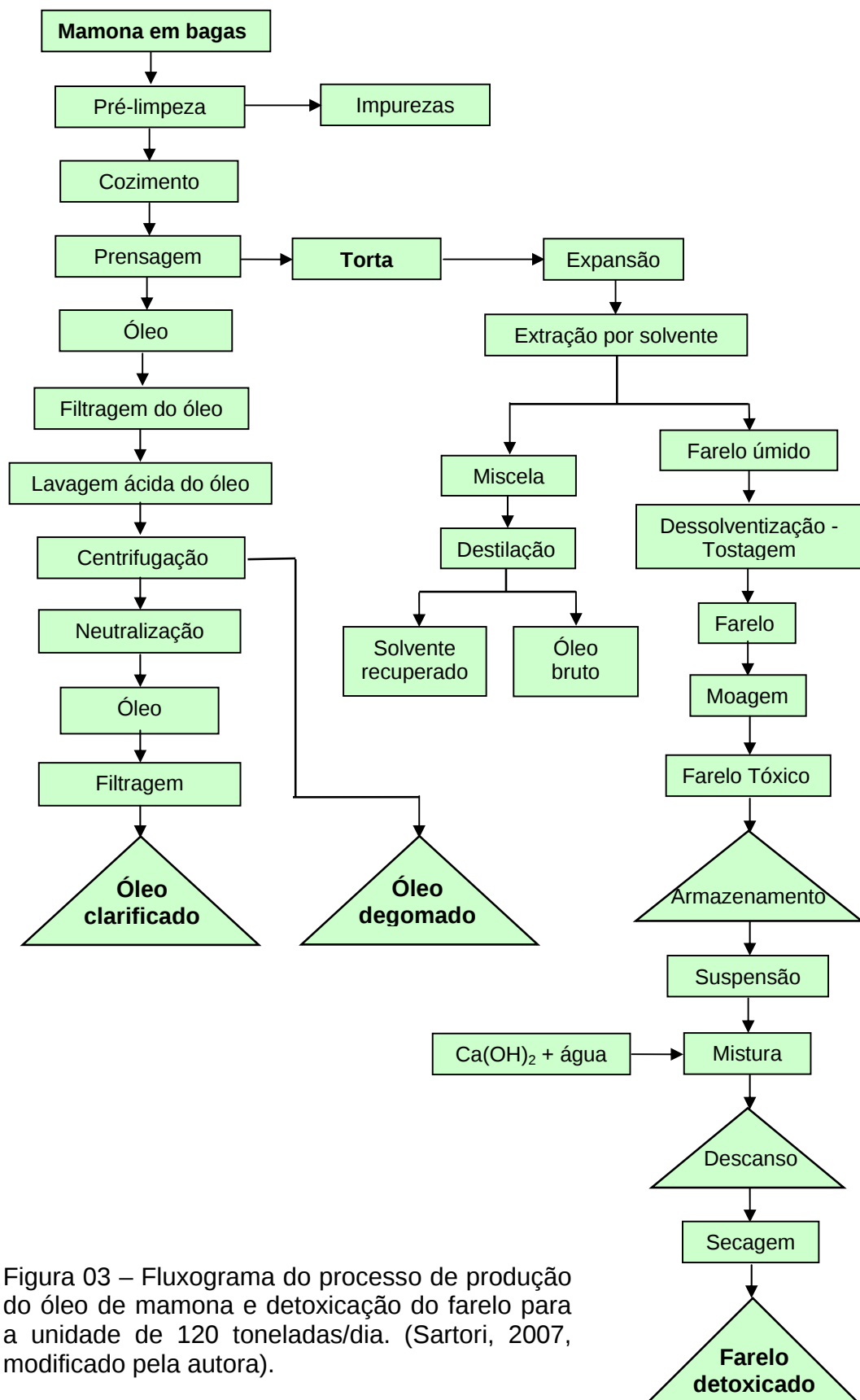


Figura 03 – Fluxograma do processo de produção do óleo de mamona e detoxicação do farelo para a unidade de 120 toneladas/dia. (Sartori, 2007, modificado pela autora).

Descrição dos processos de extração do óleo de mamona tradicional e com detoxicação para unidade piloto e comercial

Os fluxogramas anteriores facilitam a visualização das etapas realizadas durante o processo tradicional de extração do óleo e detoxicação da torta ou farelo de mamona.

Em plantas com produtividade de 100 Kg/h, utiliza-se extração mecânica para não inviabilizar o investimento da indústria de menor porte, tendo como co-produto a torta de mamona, que contem valores próximos a 12 % de óleo residual. Unidades com produtividade acima de 1,6 toneladas/dia utilizam-se a extração mecânica, onde é obtida a torta gorda, a qual passa por um processo de extração por solvente para reduzir o percentual de óleo residual existente para cerca de 1 %, gerando o farelo de mamona.

No processo tradicional seriam realizadas as seguintes etapas:

- **Pré-limpeza da baga de mamona**

Para evitar que pedras, poeira ou pedaços de metais viessem contaminar o produto e até mesmo danificar os equipamentos utilizados no processamento;

- **Cozimento da baga**

Seria aplicado calor úmido controlado através de contato direto ou indireto causando o rompimento adicional das células, diminuindo a viscosidade e a tensão superficial do óleo, aumentando a permeabilidade das membranas e diminuindo a afinidade do óleo pelas partículas sólidas;

- **Prensagem da torta**

Indispensável para unidades de pequeno, médio ou e de grande porte. Sob pressão mecânica, as células seriam rompidas e o óleo bruto seria extraído em sua maior parte originando, portanto, a torta gorda, resíduo da primeira extração do óleo;

- **Filtração do óleo**

Separaria partículas de torta do óleo bruto, efetuado por meio de um filtro prensa. A unidade de 1,6 toneladas com processo de extração de óleo tradicional teria essa etapa como a última, produzindo óleo bruto, já que para indústrias desse porte, não é viável realizar o refino do óleo, comum em unidades com

capacidade de processamento acima de 1,6 toneladas/dia, como ocorre na unidade de 120 toneladas por dia;

- **Lavagem ácida ou degomagem ácida do óleo**

Removeria os fosfatídeos (gomas) do óleo bruto, proteínas e substâncias coloidais. Esta etapa possibilita a produção de óleos crus que podem ser refinados por via química ou física, o que reduz a quantidade de álcali durante a subsequente neutralização e diminui as perdas na refinação;

- **Centrifugação do óleo**

Seria realizada imediatamente após a extração para remover os fosfatídeos (gomas) do óleo bruto ainda presentes, proteínas e substâncias coloidais, diminuindo as perdas na refinação, formando precipitados que seriam facilmente removidos;

- **Neutralização do óleo**

Seriam removidos os ácidos graxos livres existentes originalmente no óleo, pelo contato deste com uma solução alcalina, geralmente hidróxido de sódio (NaOH).

- **Filtração do óleo**

A segunda filtração seria a última etapa do processamento da unidade de 120 toneladas por dia para obtenção do óleo clarificado;

- **Extrusão da torta**

Na expansão as partículas são comprimidas a temperaturas bem superiores à do ponto de ebulição da água. Ao atingirem a saída do expansor, a redução abrupta da pressão causa um aumento de volume em consequência da expansão súbita da umidade sob forma de vapor, modificando as propriedades do material extrusado. Esse material é mais compacto, porém mais poroso que lâminas, facilitando a extração por solvente.

- **Extração por solvente do óleo**

A extração por solvente é realizada para retirada de óleo residual da torta de mamona até atingir um percentual de 1 % de óleo, obtendo-se o farelo. Esse processo é comumente realizado utilizando hexano, mas pode-se utilizar também álcool etílico;

- **Dessolventização do farelo**

Consiste na retirada do solvente do farelo obtido através do uso de vapor direto ou indireto;

- **Destilação da miscela**

No processo de extração por solvente ocorre a produção de miscela que é a mistura líquida de óleo de mamona e hexano, a qual pode conter de 25 a 30 % em massa de óleo e de 70 a 75 % em massa de hexano, que deve ser removido para ser reutilizado na etapa de extração.

Para unidades onde seriam inseridos equipamentos para realizar a detoxicação da torta ou farelo de mamona, a partir da obtenção da torta ou farelo seria adicionado uma suspensão de hidróxido de cálcio ao material.

Na unidade de 1,6 toneladas por dia, o processo de moagem seria o primeiro processo realizado antes de dar início a detoxicação da torta. Para a unidade de 120 toneladas por dia, a etapa de expansão daria continuidade para a obtenção de farelo, o qual posteriormente seria detoxicado.

Equipamentos inseridos na linha de produção de óleo de mamona para realizar o processo de detoxicação:

Unidade piloto com capacidade para 1,6 toneladas/dia

- 1 silo para conter a torta ou farelo de mamona;
- 1 betoneira para realizar a mistura da torta com suspensão (Ca(OH)_2 e água);
- 2 tanques para repouso do co-produto e suspensão;

Unidade comercial com capacidade para 120 toneladas/dia

- 6 transportadores helicoidais para transporte do material entre equipamentos;
- 1 elevador de canecas;
- 1 silo de armazenamento;
- 2 tanques com agitador para a mistura da suspensão com o farelo;
- 2 silos de armazenamento;

- Secador rotativo tipo fornalha.

A proporção dos insumos necessários para o processo de detoxicação pode ser definida de acordo com o volume da escala de produção da unidade.

Os coeficientes técnicos obtidos para as unidades de extração de óleo propostas sem e com a etapa de detoxicação da torta da mamona estão dispostos logo a seguir na Tabela 15 e 16.

Tabela 15 – Coeficientes técnicos para as indústrias de 1,6 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta.

Itens	Unidade	Sem detoxicação		Com detoxicação	
		Coeficiente	Valor Unitário	Coeficiente	Valor Unitário
1 – Matéria-prima	Kg/L óleo	2,94	0,90	2,94	0,90
2 – Insumos e Utilidades					
Hexano	L/kg óleo				
Energia elétrica	kWh/kg óleo	0,02825	0,49	0,0366	0,49
Vapor Saturado	Kg/Kg óleo				
Água para funcionários/ Água para funcionários e detoxicação*	m³/kg óleo	0,000735	8,06	0,00184*	8,06*
Óxido de cálcio (CaO) virgem micro processada	Kg/Kg óleo	-	-	0,116	0,37
3 – Mão-de-obra					
Semi especializada					
Não-especializada	Homens/Turno	4	500,00	5	500,00
Encargos sociais	%	100,00		100,00	
4 – Outros					
Manutenção da linha	% do Investimento em Equipamento	3,00		3,00	
Impostos – ICMS	R\$/L de óleo	0,25		0,25	
Impostos – PIS/PASEP/ COFINS	R\$/L de óleo	0,08		0,08	

Tabela 16 – Coeficientes técnicos para as indústrias de 120 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta.

Itens	Unidade	Sem detoxicação		Com detoxicação	
		Coeficiente	Valor Unitário	Coeficiente	Valor Unitário
1 – Matéria-prima	Kg/L óleo	2,44	0,90	2,44	0,90
2 – Insumos e Utilidades					
Hexano	L/kg óleo			0,0014	1,90
Energia elétrica	kWh/kg óleo	0,00548	0,45	0,00615	0,45
Vapor Saturado	Kg/Kg óleo	0,7368	0,09	0,7368	0,09
Água para funcionários/ Água para funcionários e detoxicação*	m ³ /kg óleo	0,002	8,06	0,00278*	8,06*
Óxido de cálcio (CaO) virgem micro processada	Kg/Kg óleo			0,086	0,37
3 – Mão-de-obra					
Semi especializada		1	1900,00	1	1900,00
Não-especializada	Homens/Turno	15,00	760,00	19,00	760,00
Encargos sociais	%	100,00		100,00	
4 – Outros					
Manutenção da linha	% do Investimento em Equipamento	15,00		7,00	
Impostos – ICMS	R\$/L de óleo	0,15		0,15	
Impostos – PIS/PASEP/ COFINS	R\$/L de óleo	0,08		0,08	
Transporte de matéria-prima	R\$/100km/Kg de matéria prima	244		244	
Transporte de óleo	R\$/1800km/L de óleo	1729		1729	

Como se pode perceber ao longo das discussões anteriores, tanto para unidades de pequena escala, como grandes é possível serem introduzidos equipamentos e procedimentos que levem a detoxicação da torta ou farelo de mamona. O grande diferencial está no uso de mão de obra e de utilidades. Sendo que o resultado em termos de produção é similar.

No entanto é importante se preocupar com o controle da etapa de detoxicação da torta de mamona. A necessidade de se efetuar controles da eficácia do processo de detoxicação pode ser o grande diferencial com relação a padrões de comercialização da torta ou farelo detoxicado. Como os processos

atuais de avaliação da detoxicação são difíceis e caros, as unidades de menor porte vão ter grande dificuldade para sua comprovação.

O importante que em ambos os casos o estudo indicou que existe viabilidade técnica de produção de torta ou farelo de mamona detoxicado em unidades de extração de óleo, pois há possibilidade de inserção de equipamentos que desempenhem as funções realizadas em laboratório para a detoxicação da torta ou farelo de mamona em indústrias.

4.4. Conclusão

O método de detoxicação desenvolvido no projeto Aproveitamento Ótimo da Torta de Mamona por Soares (2008) permitiu a aplicação dos coeficientes técnicos do processo em escala piloto e comercial.

O processo é tecnicamente viável, pois existem equipamentos com tecnologia para realizar o processo de detoxicação da torta ou farelo de mamona, fornecidos por empresas especializadas na produção de linhas de extração de óleo, utilizando os coeficientes técnicos fornecidos pelo experimento em bancada, sendo necessário acoplar à linha de extração tradicional de óleo, a parte de detoxicação.

Este estudo pode servir de base para a utilização desse co-produto por indústrias produtoras de óleo de mamona.

A unidade com capacidade de processar 1,6 toneladas por dia utiliza menor necessidade de implantação de equipamentos para detoxicação devido o fato de parte das etapas poderem ser realizadas manualmente, enquanto que para a unidade de 120 toneladas por dia ou superiores a essa, devido o volume de farelo produzido, necessitaria de automatizar toda a linha de produção. A unidade maior consegue atender a demanda de unidades contínuas, otimizando os espaços e uso de mão de obra por utilizar mais tecnologia em relação à unidade menor, o que amplia o uso de energia elétrica e de combustíveis durante os processos de extração e detoxicação.

A possibilidade de otimização de equipamentos pode melhorar a eficiência de extração de óleo de mamona, o que reduziria o teor de óleo residual na torta de mamona, aumentando as receitas industriais.

A existência de equipamentos e tecnologias permitiu a aplicação do processo nível industrial, mas para isso é necessário haver viabilidade econômica do processo, um estudo a parte a ser analisado. A viabilidade econômica determina se os custos, escalas de produção e retornos das unidades se são compatíveis à remuneração do mercado e do comprador da torta ou farelo de mamona.

5. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA MONTAGEM DE UNIDADES DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE MAMONA EM PEQUENA ESCALA E EM ESCALA COMERCIAL

5.1. Introdução

Estudos relacionados à possibilidade do uso da torta ou farelo de mamona detoxicado para a alimentação animal já abordados na revisão desse trabalho indicaram que não houve viabilidade econômica para o uso dos métodos utilizados, que demandavam uso de reagentes caros, tratamentos extremamente ácidos ou alcalinos ou que não houveram estudos posteriores relacionados à avaliação da viabilidade econômica do processo de detoxicação a nível industrial.

Após o estudo de viabilidade técnica do processo de extração do óleo e detoxicação da torta ou farelo de mamona pelo uso de Ca (OH)_2 para uma unidade piloto com capacidade de processar 1,6 toneladas por dia e outra unidade comercial com capacidade de processar 120 toneladas por dia, realizou-se o estudo de viabilidade econômica dessas indústrias pelo uso do Sistema Biosoft.

Dessa forma, o objetivo deste capítulo foi avaliar a viabilidade econômica da implantação de unidades de extração e detoxicação de torta ou farelo de mamona de pequena escala que possam ser utilizadas na agricultura familiar e de escala comercial com capacidade para um volume de produção a nível industrial.

5.2. Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizados levantamentos sobre matéria-prima a serem utilizados, processos tecnológicos envolvidos no processo de extração do óleo para quatro unidades de extração com capacidade para 1,6 e 120 toneladas por dia, sem e com detoxicação da torta ou farelo de mamona. Foram realizados levantamentos de equipamentos necessários e avaliados os custos para a montagem das indústrias, capacidades de produção, coeficientes técnicos, investimentos, necessidades de insumos, instalações e mão-de-obra necessários para a implantação das unidades.

Os equipamentos foram orçados por empresas especializadas pela produção e instalação de equipamentos (Urso Branco – Jaú, SP e Ercitec – Bauru, SP) que também forneceram coeficientes técnicos necessários para parte do processo, que foram aplicados no sistema Biosoft. As informações foram obtidas por contatos diretos ou via email. A lista de equipamentos orçados para montagem das unidades de 1,6 e 120 toneladas se encontram no Anexo 01 e Anexo 02, respectivamente.

O Sistema Biosoft é um *software* desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa em parceria com o Ministério do Desenvolvimento Agrário, que serve de apoio à decisão de possíveis investidores, pois avalia a interação entre os segmentos agrícola e ou industrial e apresenta resultados econômicos e sociais que podem servir de base para a tomada de decisão de implantação ou não de uma indústria de extração de óleos e ou biodiesel (Borges, 2006). Este programa possibilita o cálculo de indicadores sociais (geração de empregos e renda, necessidade de subsídios agrícolas) e financeiros (custo de produção do óleo vegetal, taxa de retorno de investimento, tempo de retorno, valor presente líquido, ect).

Os resultados do sistema são obtidos a partir de fórmulas matemáticas financeiras e de engenharia econômica, as quais dependem de parâmetros dos componentes do elo industrial (Borges, 2006). A partir destes resultados é que se tem respaldo para a tomada de decisão de implantação da indústria de extração do óleo, que tem como forma de resultado os indicadores sociais e de renda, indicadores financeiros, relatórios de produção e de cenários.

O sistema Biosoft foi utilizado para avaliar a viabilidade econômica das unidades. Também foram realizados levantamentos custo de investimento (obras de construção civil, máquinas e equipamentos) e capital de giro necessário (mão-de-obra, matéria-prima, insumos, custo com transporte, dentre outros). Dessa maneira, analisaram-se as receitas e retornos das unidades, indicando qual delas é economicamente viável. Isso possibilitou realizar a comparação dos custos e a viabilidade ou não do processo de extração do óleo sem ou com detoxicação para o aproveitamento da torta para ser utilizada como fonte protéica em ração animal.

Planejamento operacional

As plantas de extração de óleo vegetal funcionariam 300 dias por ano distribuídos em 12 meses. A operação diária das unidades de 1,6 toneladas por dia consistiria em 2 turnos por dia, com total de 18 horas de trabalho e das unidades com capacidade para 120 toneladas por dia, 3 turnos por dia, com total de 24 h. A capacidade a ser instalada permitiria o esmagamento final de aproximadamente 1,6 toneladas por dia de oleaginosa, totalizando em uma produção média de 544 L de óleo e 1056 Kg de torta de mamona por dia e para as unidades com capacidade de esmagamento de 120 toneladas por dia, seriam produzidos 49200 L de óleo e 70800 Kg de farelo de mamona por dia.

Informações gerais dos projetos

Além dos coeficientes técnicos obtidos no capítulo anterior, foi necessário definir valores para a operação das unidades de extração de 1,6 e 120 toneladas por dia sem e com detoxicação que foram utilizados na entrada do sistema Biosoft (Tabelas 17 e 18).

Estas informações são necessárias, pois identificam a forma de operação das unidades a serem analisadas, bem como itens relacionados a custos e receitas.

Tabela 17 – Considerações gerais dos projetos com capacidade de extração 1,6 e 120 toneladas por dia de óleo de mamona sem e com detoxicação da torta.

	Unidade de 1,6 toneladas/dia	Unidade de 120 toneladas/dia
Sistema de produção agrícola	Mamona	Mamona
Tecnologia industrial	Extração Mecânica	Extração Mista
Preço de venda matéria-prima	R\$ 0,90/ Kg Mamona	R\$ 0,90/ Kg Mamona
Preço de venda do óleo	R\$ 3,50 L óleo bruto	R\$ 3,80 L óleo refinado

Na configuração do projeto, são expostas as informações iniciais, que identificam o projeto, além de informações como capacidade da indústria, sobre a oleaginosa a ser utilizada e atividades associadas (Tabela 18).

Tabela 18 – Configuração geral do projeto para a indústria de 1,6 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta de mamona.

	Unidade de 1,6 toneladas/dia	Unidade de 120 toneladas/dia
Horizonte de planejamento	10 anos	10 anos
Capacidade produção industrial	544 L de óleo/dia	49200 L de óleo/dia
Dias de operação anual	300 dias/ano	300 dias/ano
Meses de operação anual	12 meses/ano	12 meses/ano
Turnos de trabalho	2 turnos/dia	3 turnos/dia
Taxa Mínima de Atratividade (TMA) Industrial	9 %	12 %
Imposto de Renda Industrial	12 %	12 %
Cultura oleaginosa	Mamona	Mamona
Coeficiente de conversão	2,94 kg(oleaginosa)/L(óleo)	2,44 kg(oleaginosa)/L(óleo)
Preço de venda	0,90 R\$/kg(produto)	0,90 R\$/kg(produto)
Alíquota de impostos	0,07905 R\$/L de óleo	0,07905 R\$/L de óleo
Uso industrial	100 %	100 %
Produtividade	1500 Kg/ha	1500 Kg/ha
Volume de óleo	163200 L/ano	14760000 L/ano

As estimativas das receitas, dos custos e dos investimentos necessários à extração do óleo de mamona são oriundas da definição da tecnologia adotada. Considerando-se que a semente de mamona possui 42% de óleo, a percentagem de óleo extraído, ao final de processo das unidades de 1,6 toneladas por dia, foi estimada em 34% do total de 42%. Assim, com a extração de 80,9% de uma unidade em escala piloto, seriam obtidos 544 L de óleo e produzidos 1056 Kg de torta de mamona (teor de óleo residual de 19%). Para a unidade com capacidade de processamento de 120 toneladas por dia, foi estimada a retirada de em 41% de um total de 42 % do óleo presente na baga, isto é, a cada 120 toneladas de oleaginosas processadas seriam obtidos 49200 L de óleo. Assim, seriam retirados 97,6% do óleo contido na semente, o que produziria 70800 Kg de farelo de mamona (teor de óleo residual de 2,4%).

5.3. Resultados e Discussões

Através da utilização dos coeficientes técnicos realizados em bancada de acordo com Soares (2008) foi possível avaliar a montagem de unidades de extração de óleo e detoxicação de torta de mamona, para unidade em escala piloto (1,6 toneladas por dia) e comercial (120 toneladas por dia). Existem empresas no mercado nacional capazes de produzir equipamentos com tecnologia para realizar o processo de detoxicação da torta ou farelo de mamona, acoplando-os a unidades de extração de óleo de mamona. A proporção dos insumos necessários para o processo de detoxicação pode ser definida de acordo com o volume da escala de produção.

Foram, portanto, analisados as seguintes unidades:

- Processamento de 1,6 toneladas por dia de mamona por extração mecânica sem detoxicação da torta de mamona;
- Processamento de 1,6 toneladas por dia de mamona por extração mecânica com detoxicação do farelo de mamona;
- Processamento de 120 toneladas por dia de mamona por extração mecânica e química sem detoxicação do farelo de mamona;
- Processamento de 120 toneladas por dia de mamona por extração mecânica e química com detoxicação do farelo de mamona;

Estes cenários foram comparados e foi possível analisar a possibilidade e viabilidade ou não de industrialização e inserção deste co-produto no mercado, considerando a importância de agregação do valor desses, para o aproveitamento na agricultura familiar e para o aumento da receita de indústrias e competitividade da mamona no mercado.

Os dados referentes às unidades de extração de óleo de capacidades de processamento diferentes, sendo uma de escala piloto e outra de escala comercial, pelo uso do sistema Biosoft possibilitaram realizar a avaliação da viabilidade técnica e econômica da implantação de indústrias de extração de óleo a partir da mamona, além da possibilidade de processar a torta ou farelo de mamona para ser comercializado para compor ração animal.

Os valores de investimentos, capital de giro, custos fixos, receitas e indicadores das unidades de 1,6 toneladas por dia foram menores se comparados

as unidades de 120 toneladas por dia já que as primeiras demandam investimentos menores para obras civis e aquisição de equipamentos necessários para a montagem e funcionamento das linhas de produção, assim como insumos, mão-de-obra, manutenção da linha, dentre outros. Portanto, os valores obtidos para as unidades em análise são compatíveis aos volumes de produção de óleo, sendo que quanto maior a capacidade de produção, maiores os gastos com investimentos e custos, os quais têm um acréscimo quando é feita a análise econômica pela montagem da linha de detoxicação junto às unidades tradicionais nas escalas analisadas. Para a unidade de 1,6 toneladas por dia sem detoxicação, seriam necessários R\$ 169200,00, enquanto a unidade com detoxicação seriam R\$ 179090,00. Para as unidades com capacidade de processar 120 toneladas por dia, a sem detoxicação necessitaria de um investimento de R\$ 6475989,64 e a com detoxicação de R\$ 6571768,56.

A diferença entre as unidades sem e com detoxicação é devido à aquisição de equipamentos para realização do processo adicional. Os Anexos 02 e 03 detalham os investimentos, Anexos 04 e 05 os custos, Anexo 06 as receitas, Anexo 07 o financiamento e Anexo 08 o fluxo de caixa. A Tabela 17 a seguir indica os valores de investimento, custos, receitas e indicadores para as unidades de 1,6 e 120 toneladas por dia.

Tabela 19 – Informações gerais de Investimentos, Custos, Receitas e Indicadores industriais para um horizonte de planejamento de 10 anos.

	Capacidade de 1,6 toneladas/dia		Capacidade de 120 toneladas/dia	
	Sem detoxicação	Com detoxicação	Sem detoxicação	Com detoxicação
INVESTIMENTOS				
Investimento Total (R\$)	169200,00	179090,00	6475989,64	6571768,56
R\$ tonelada óleo	311029,41	329209,55	131625,80	133572,53
R\$/ tonelada de matéria-prima	105750,00	111931,25	53966,58	54764,74
CUSTOS				
Fixos (R\$)	11736,00	12725,00	2043312,38	2092112,38
Variáveis (R\$)	587070,07	620492,55	43057552,93	43877499,44
Custo Total (R\$)	598806,07	633217,55	45100865,31	45969611,82
R\$/tonelada de óleo	11007	1164	916,68	934,34
R\$/tonelada de matéria-prima	374,25	395,76	365,84	383,08
RECEITAS				
Total do Óleo (R\$)	571200,00	571200,00	56088000,00	56088000,00
Total da Torta ou Farelo de Mamona (R\$)	126643,20	158304,00	850160,00	10627200,00
Receita Total (R\$)	697843,20	729504,00	64589760,00	66715200,00
R\$/ tonelada de óleo	379,63	134,10	131,28	1356,00
R\$/ tonelada de matéria-prima	436,15	455,94	538,24	555,96
INDICADORES				
Financeiros				
Custo de produção do óleo (R\$/L)	2,89	2,91	2,48	2,39
Ponto de equilíbrio (%)	10,59	11,67	9,49	9,16
T.I.R.(%)	35,87	33,26	92,63	96,06
T.R.C.(Anos)	2,66	2,84	1,23	1,19
V.P.L.(R\$)	371824,28	349025,08	83707058,45	89629881,39

A diferença de investimento total entre as unidades sem e com detoxicação da torta de mamona para as unidades de 1,6 toneladas por dia foi de 5,84 %, e de 1,48 % entre as de 120 toneladas por dia. Houve um aumento nos custos das unidades com detoxicação em relação às unidades tradicionais de 5,75% entre as unidades de 1,6 toneladas por dia e de 1,92 % para as unidades de 120 toneladas por dia. A diferença entre as receitas foi de 4,54 % para as unidades de 1,6 toneladas por dia e de 3,29% para as unidades maiores. Apesar do aumento nas receitas das unidades maiores serem menor que para as unidades menores, o volume de produção faz com que esses 3,29% representem maiores retornos financeiros para esta capacidade.

A unidade com capacidade de processar 120 toneladas/dia com detoxicação indicou uma redução de 3,63 % no custo de produção do óleo. Pode-se observar que as unidades com maior capacidade de produção apresentaram menor custo de produção do óleo, sendo o custo de produção inversamente proporcional a capacidade de produção da unidade. Devido à inserção de equipamentos de para realização da detoxicação, os investimentos dessas unidades foram maiores tanto para a unidade de escala piloto como para a unidade comercial.

A necessidade de grãos para abastecimento das unidades de 1,6 toneladas por dia foi de 479808,00 Kg/ano, com a necessidade de área de 320 ha. Para as unidades de 120 toneladas por dia, seriam necessários 360144 Kg/ano, o que corresponderia a uma área plantada de 24010 ha. A capacidade de produtividade para as áreas seria de 1500 Kg/ha.

A unidade com capacidade para processar 1,6 toneladas por dia sem detoxicação indicou ponto de equilíbrio 10,19 % menor em relação à unidade com detoxicação, o que indica pouca vantagem em adotar o processo de detoxicação para pequenas escalas em relação à flexibilidade do projeto. Para as unidades de capacidade de processar 120 toneladas por dia, a que realiza a detoxicação obteve ponto de equilíbrio menor que a sem esse processo, indicando maior flexibilidade para esta unidade, pois quanto mais baixo o ponto de equilíbrio, mais favorável é para se implantar o projeto.

As Figuras 04, 05, 06, 07, 08 e 09 facilitam a visualização dos resultados dos indicadores analisados.

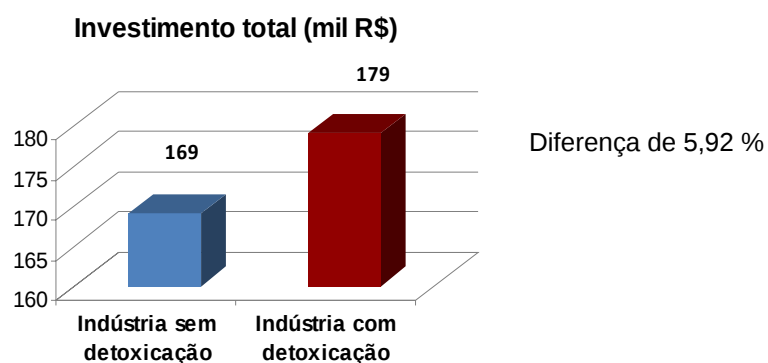


Figura 04 – Investimento total das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 1,6 toneladas de mamona por dia sem e com detoxicação.

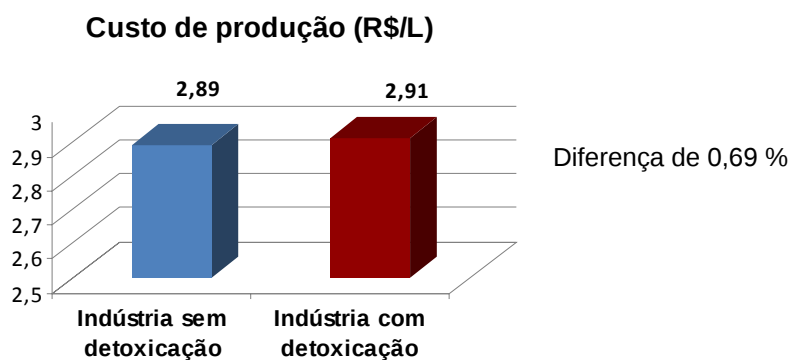


Figura 05 – Custo de produção das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 1,6 toneladas de mamona por dia sem e com detoxicação.

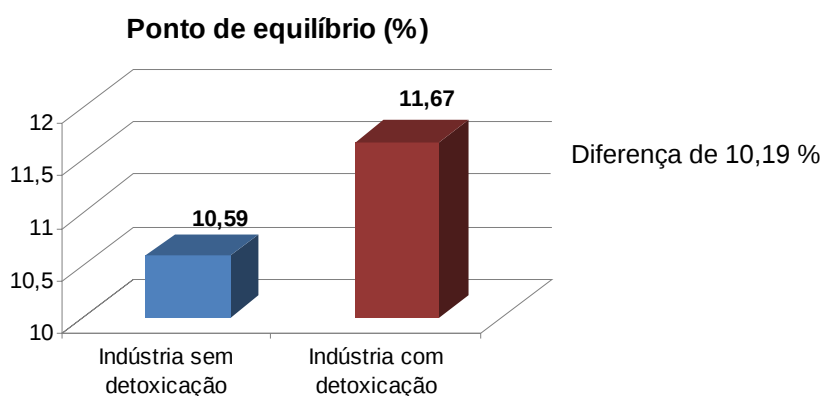


Figura 06 – Ponto de equilíbrio das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 1,6 toneladas de mamona por dia sem e com detoxicação.

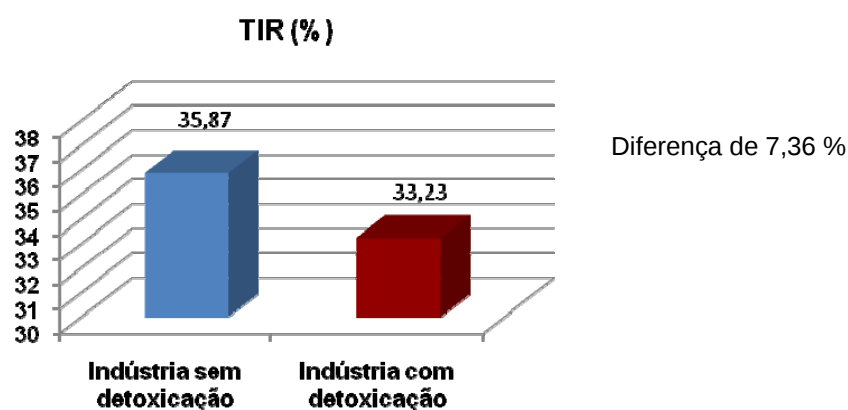


Figura 07 – Taxa Interna de retorno das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 1,6 toneladas de mamona por dia sem e com detoxicação.

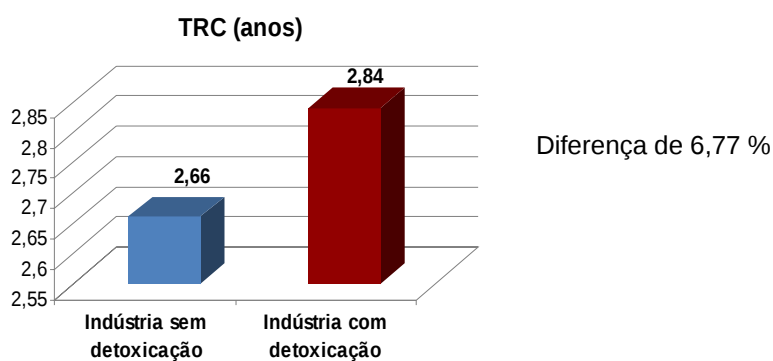


Figura 08 – Tempo de retorno de capital das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 1,6 toneladas de mamona por dia sem e com detoxicação.

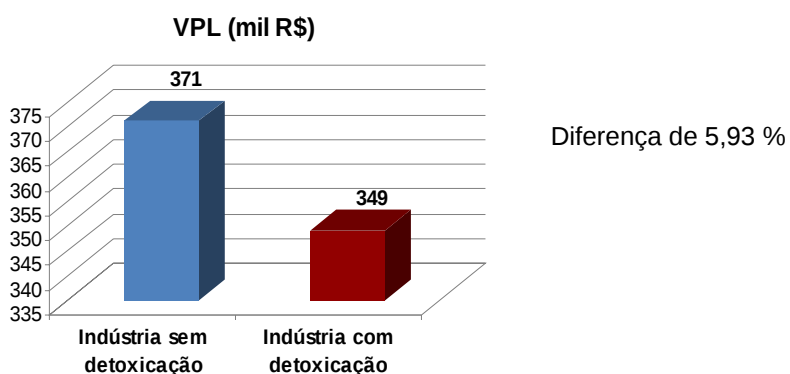


Figura 09 – Valor presente líquido das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 1,6 toneladas de mamona por dia sem e com detoxicação.

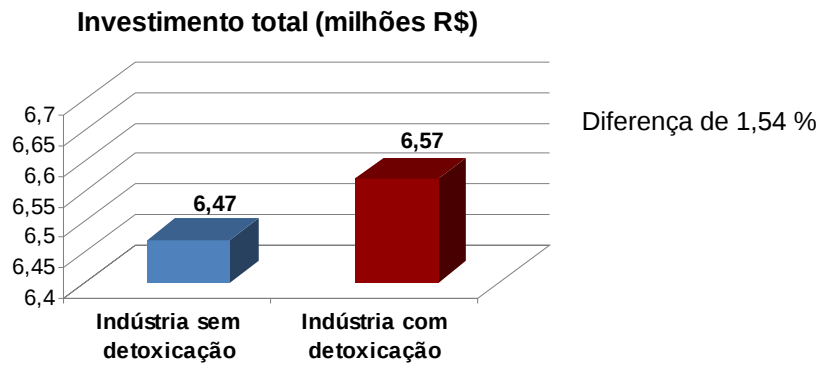


Figura 10 – Investimento das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 120 toneladas de mamona por dia com e sem detoxicação.

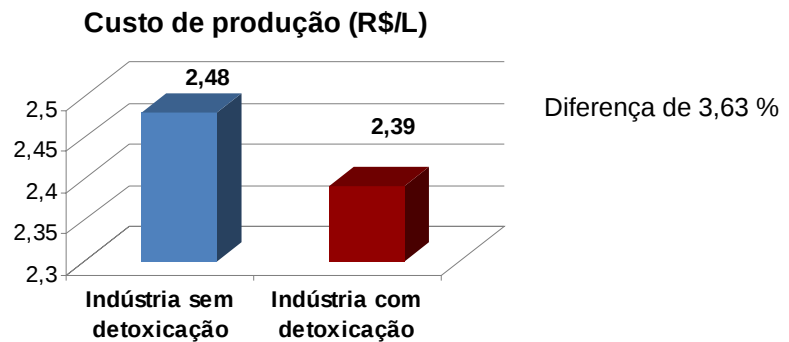


Figura 11 – Custo de produção das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 120 toneladas de mamona por dia com e sem detoxicação.

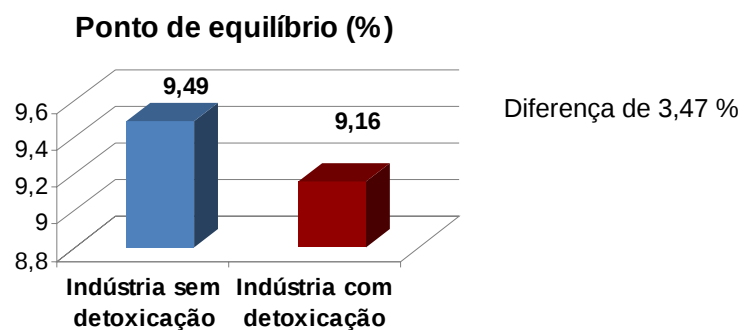


Figura 12 – Ponto de equilíbrio das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 120 toneladas de mamona por dia com e sem detoxicação.

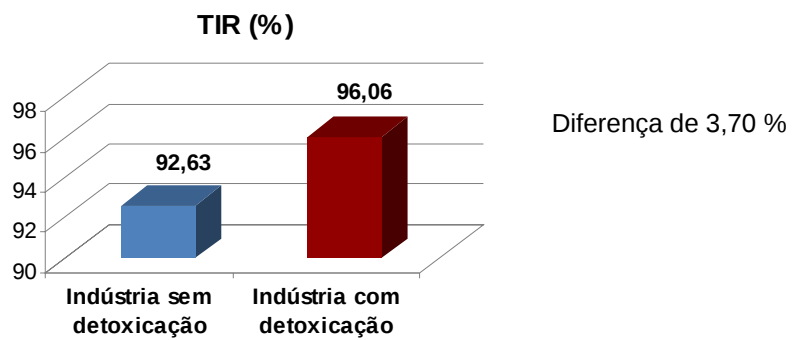


Figura 13 – Taxa interna de retorno das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 120 toneladas de mamona por dia com e sem detoxicação.

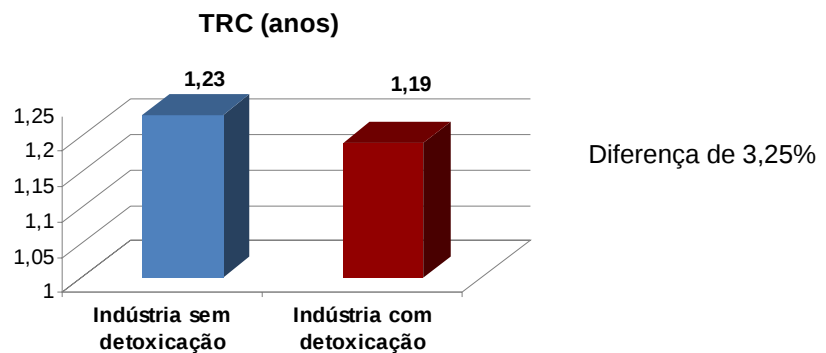


Figura 14 – Tempo de retorno do capital das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 120 toneladas de mamona por dia com e sem detoxicação.

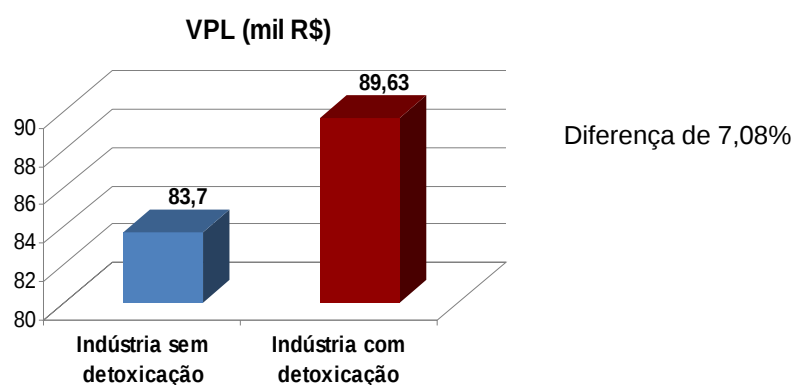


Figura 15 – Valor presente líquido das unidades de extração de óleo de mamona com capacidade de extração de 120 toneladas de mamona por dia com e sem detoxicação.

As Figuras anteriores demonstram que a introdução do sistema de detoxicação em pequena escala prejudica os indicadores econômicos, variando a TIR de 35,87 % para 33,23 %. Este resultado é inverso para a unidade maior, onde os resultados são mais favoráveis para a unidade com a estrutura de detoxicação, sendo que os indicadores mostram o aumento da TIR de 92,63 para 96,06 %.

Composição de custos industriais e impacto financeiro

Os custos fixos e variáveis assumem elevada importância para análise de investimentos de uma indústria e estão indicados na Figura 16 a seguir.

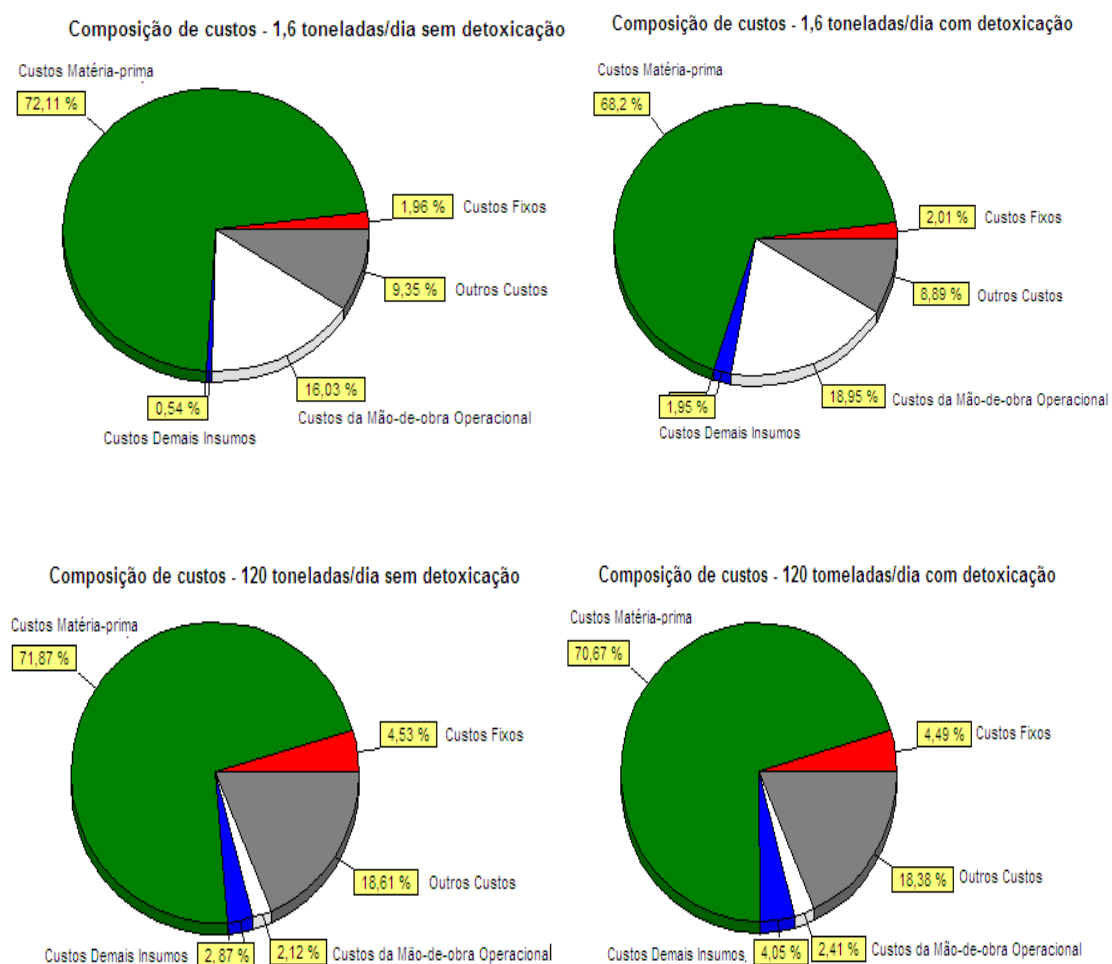


Figura 16 – Composição dos custos industriais de 1,6 e 120 toneladas com detoxicação da torta de mamona.

Os custos com aquisição de matéria-prima foram responsáveis pela maior parcela dos gastos nas unidades sem ou com detoxicação da torta ou farelo de mamona. Para as unidades menores, está na faixa de 72,11 % e 68,20 %. Já para as unidades maiores está entre 71,87 % e 70,67 %, respectivamente.

As quatro unidades analisadas indicam a matéria-prima como a maior responsável pelas despesas das indústrias. A viabilidade econômica para a implantação dessas unidades depende principalmente, portanto, do preço de comercialização da matéria-prima no mercado. A oscilação de preços da mamona gera grande flutuação que pode comprometer o cenário competitivo desta oleaginosa.

Análise de Sensibilidade por indicador

Como discutidas as possíveis variações nos preços da matéria-prima, considera-se que isso contribui para a tomada de decisão. O monitoramento das possíveis variações por análise de sensibilidade, uma forma de quantificar os riscos de insucesso do investimento. Variaram-se os fatores com maior impacto nos resultados, mantendo as demais variáveis sem alteração.

A variação no preço da matéria-prima, que é o item de maior custo na produção, do preço do óleo e da torta ou farelo de mamona, foi analisada. Dessa forma foi possível observar a sensibilidade do investimento em relação às oscilações nos preços dessas variáveis, para reduzir as incertezas de sucesso do investimento.

A análise de sensibilidade por indicador encontra-se nas Figuras 17 e 18 e nos permite observar o comportamento do indicador, neste caso a TIR da indústria, com relação a alterações nas variáveis, que são preço da mamona, preço do óleo e preço da torta ou farelo de mamona.

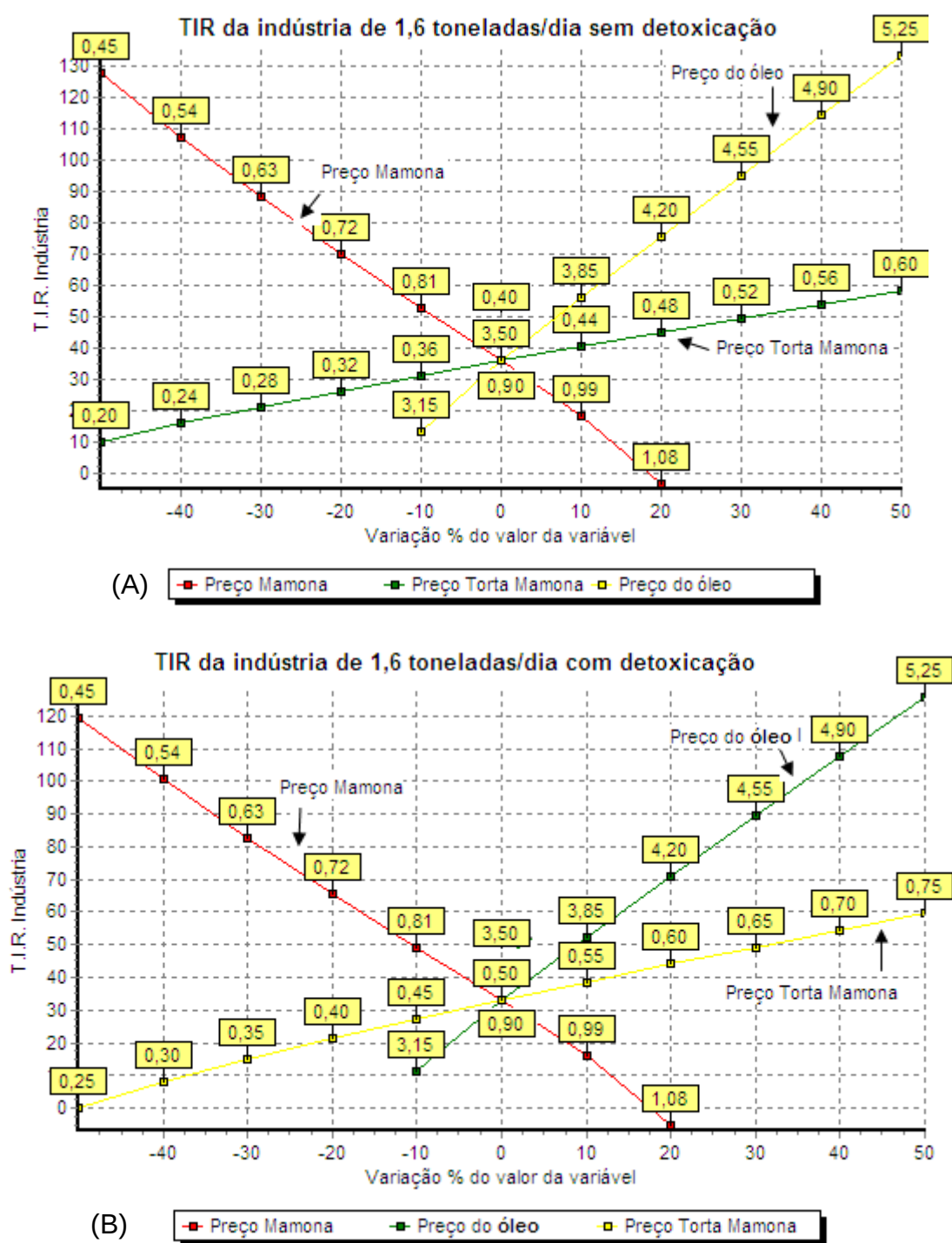


Figura 17 – Variações na TIR da indústria de 1,6 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta de mamona, alterando-se o preço da mamona, do óleo e preço da torta de mamona.

É possível observar, comparando os gráficos A e B que a introdução do processo de detoxicação da torta de mamona, reduz a TIR da unidade de 1,6

toneladas/dia, que é de 35,87 para a unidade tradicional para 33,23 para a unidade com detoxicação da torta.

A unidade sem detoxicação apresenta um aumento do preço da mamona em 10 % impactaria na redução da TIR de 40,5 %. Para o óleo, o aumento do valor de venda do litro de óleo de mamona de R\$ 3,50 para R\$ 3,85 resultaria em aumento da TIR de 54,24 %. Já para a torta de mamona tóxica, o aumento de 10 % no preço de venda desse co-produto resultaria em aumento da TIR de 11,97 % a partir do ponto de encontro dos eixos. O aumento nos preços de mamona e queda no preço do óleo de 20 % indica risco para o investimento, pois o valor da TIR estaria abaixo de 12 % da TMA.

Para a indústria de extração do óleo de mamona com detoxicação da torta de mamona, um aumento do preço da mamona em 10 % resultaria em redução da TIR de 50,93%. Para o óleo, um aumento do valor de venda do litro de R\$ 3,50 para R\$ 3,85 resultaria em aumento da TIR de 54,13 %. Para a torta de mamona detoxificada, um aumento de 10 % do preço de venda resultaria em aumento da TIR de 16,60 %. Para esta unidade, houve maior sensibilidade da TIR em relação ao aumento do preço da mamona a qual teve uma redução que resultou em valor próximo a TMA de 12 %, porém, verifica-se risco para aumentos maiores que 10% nos preços da mamona e redução no preço do óleo acima 10 %.

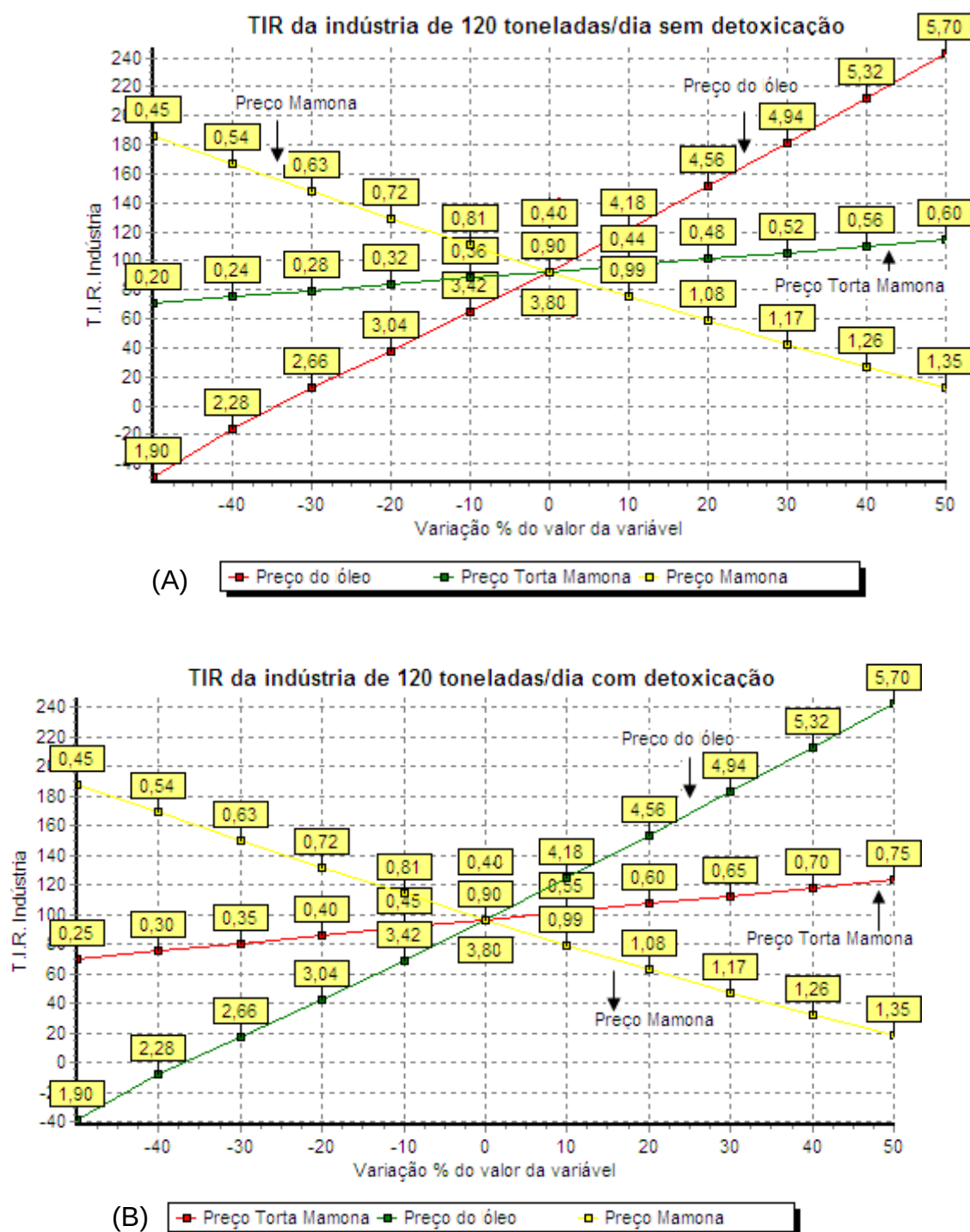


Figura 18 – Variações na TIR da indústria de 120 toneladas sem e com detoxicação da torta de mamona, alterando-se o preço da mamona, do óleo e preço da torta de mamona.

Comparando os gráficos A e B das unidades de 120 toneladas/dia, houve um aumento da TIR da unidade com detoxicação que foi de 96,06, enquanto a TIR da unidade sem detoxicação foi de 92,63 %, o que indica uma melhor viabilidade a partir da introdução da linha de detoxicação.

Para a unidade de 120 toneladas por dia sem detoxicação do farelo de mamona, um aumento do preço da mamona em 10 % impactaria na redução da TIR de 18,8 %. Para o óleo, o aumento do valor de venda do litro de R\$ 3,80 para R\$ 4,18 resultaria em aumento da TIR de 30,15 %. Já para o farelo de mamona tóxico, o aumento do preço de venda desse co-produto resultaria em aumento da TIR de 4,72 %, porém, verifica-se risco para aumentos maiores que 30% nos preços da mamona e redução no preço do óleo acima disso seria risco para a indústria.

Para a indústria com capacidade de esmagamento de 120 toneladas por dia de mamona com detoxicação da torta, um aumento do preço da mamona em 10 % resultaria em redução da TIR de 17,68 %. Para o óleo, o aumento do valor de venda do litro de R\$ 3,80 para R\$ 4,18 resultaria em aumento da TIR de 28,14 %. Já para o farelo de mamona detoxicado, o aumento do preço de venda desse co-produto processado resulta em aumento da TIR de 5,52 %, porém verifica-se risco para aumentos maiores que 50% nos preços da mamona e redução no preço do óleo acima 10%, seriam risco para a indústria.

As unidades sem e com detoxicação da torta ou farelo apresentaram susceptibilidade visível às variações nos preços. Variações de até 10 % no preço da matéria-prima e de uma queda de até 10 % nos preços de vendas do óleo e farelo de mamona tóxico não chegariam a inviabilizar o projeto, mas nesse último caso poderia ser considerado risco para a indústria.

A análise nos permite observar que unidades com maior capacidade de processamento correm menores riscos de insucesso em relação às unidades menores.

Análise de Sensibilidade por variável

A variável selecionada para a análise de sensibilidade nas Figuras 19 e 20 foi a torta ou farelo de mamona. Aqui se ressalta a importância de comercialização e obtenção de um bom preço para este importante co-produto, que traz um rendimento maior para as unidades industriais em análise se comercializado detoxicado.

O farelo de soja que é o produto mais utilizado para a produção de ração animal tem aproximadamente 46% de proteínas em sua composição, enquanto a torta de mamona que é comercializada para ser utilizada como adubo

orgânico tem 40% de proteínas, 87% do total de proteína encontrada no farelo de soja. De acordo com Aboissa (2009) a tonelada do farelo de soja é de R\$ 840, enquanto que para a torta de mamona o valor é de R\$ 410.

Estudos realizados por Soares (2008) indicaram que o farelo de soja pode ser substituído em 33% e 100 % pela torta ou farelo de mamona na composição protéica da ração animal inseridos na alimentação de vacas leiteiras. A ração contendo somente farelo de soja como fonte protéica teria um custo da dieta de R\$ 0,542/Kg de matéria seca, já substituindo-a por farelo de mamona em 33 %, esse custo seria reduzido para R\$ 0,515 uma redução de 5%. No nível de substituição de 33 %, a produção de leite foi maior entre as duas tortas comparadas, de 19,8 Kg/dia/vaca contra 19,34 Kg/dia/vaca para a ração contendo apenas farelo de soja. Caso esse percentual de substituição fosse de 100 % a produção de leite seria reduzida para 17,35 Kg/dia/vaca. O consumo da dieta contendo 33 % de farelo de mamona foi o maior, de 17,04 Kg/vaca/dia, contra 16,39 para dieta contendo apenas farelo de soja e de 15,21 para a ração contendo apenas farelo de mamona como fonte protéica. No caso de vender o farelo de mamona para compor ração em 33 %, o produto poderia ser vendido a R\$ 0,82, um valor 4 % menor que o quilo do farelo de soja no mercado atual que é de R\$ 0,85¹.

Para bovinos de corte, a ração contendo somente farelo de soja como fonte protéica teria um custo da dieta de R\$ 0,47/Kg de matéria seca, já substituindo por farelo de mamona em 33 %, esse custo cairia para R\$ 0,45, uma redução de 4,24%. O consumo da ração com substituição de 33 % foi de 10,54 Kg/animal/dia e apenas com farelo de soja, foi de 10,66, uma redução de 1 %. No nível de substituição de 33 %, o ganho de peso de animal foi de 1,38 Kg/dia contra 1,31 Kg/dia para a ração contendo apenas farelo de soja. Caso esse percentual de substituição fosse de 100 %, ter-se-ia menor custo de dieta, de R\$ 0,42, 10 % a menos que a dieta contendo apenas farelo de soja, além de ter o maior ganho de peso no experimento que foi de 1,56 Kg/dia. O preço de venda no percentual de 33 % não compensaria, pois sairia R\$ 0,86, mais caro que o quilo do farelo de soja, só seria viável substituir o percentual em 100 % para que o preço caísse para R\$ 0,81.

¹ Base de preços da Aboissa, junho/2009. Fonte: (Aboissa, 2009).

O processo de detoxicação da torta ou farelo de mamona aumentaria o preço de venda desse co-produto e os rendimentos anuais das indústrias de 1,6 e 120 toneladas por dia em 25 %, de R\$ 0,40/kg para R\$ 0,50/kg.

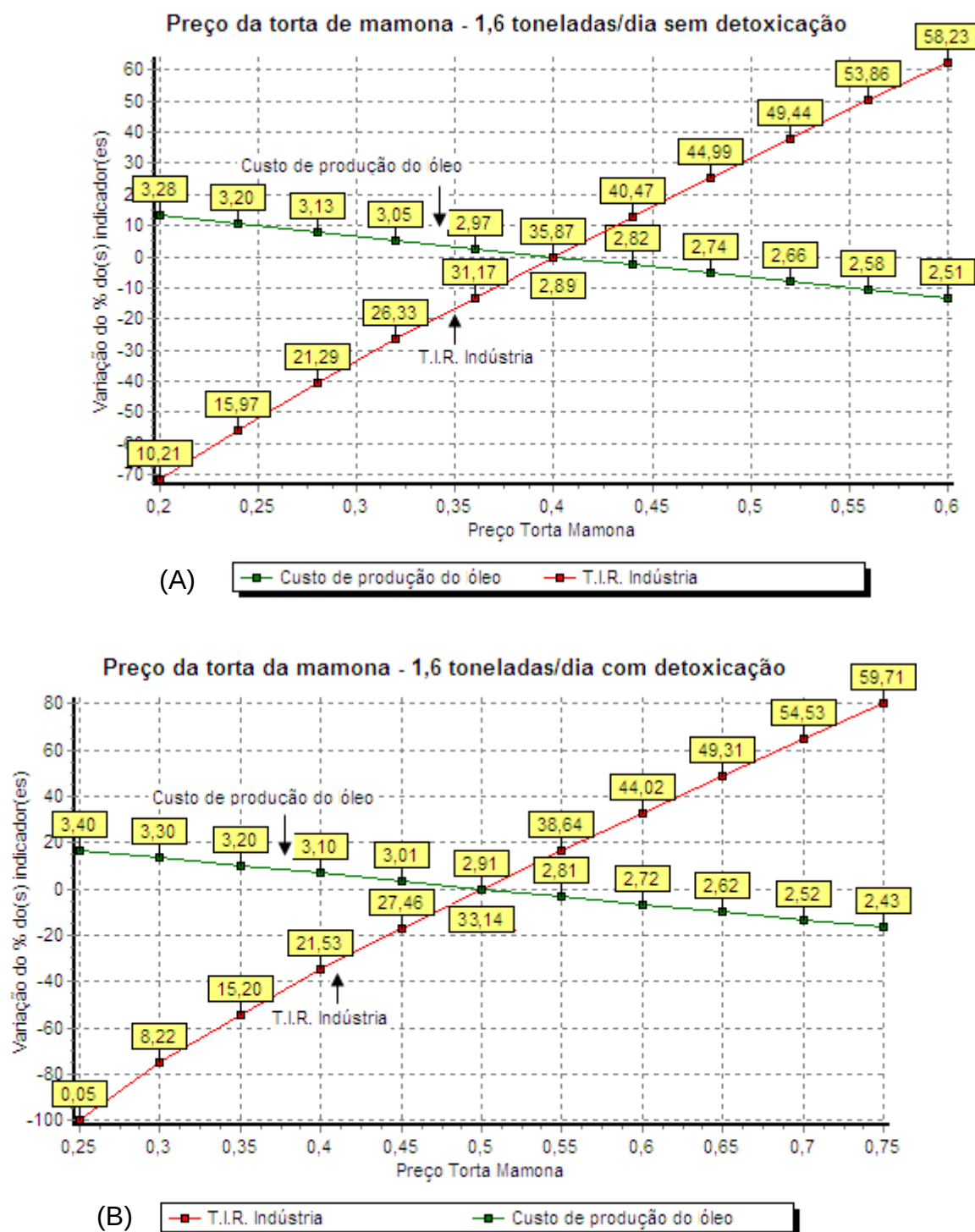
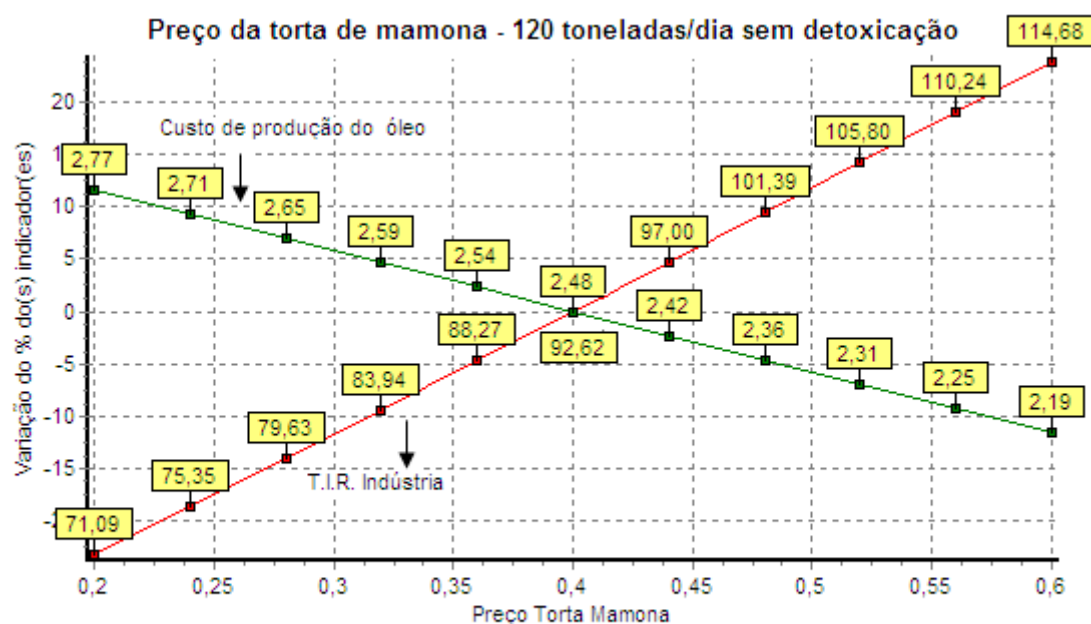


Figura 19 – Análise de sensibilidade da indústria de 1,6 toneladas por dia variando os preços da torta da mamona sem e com o processo de detoxicação.

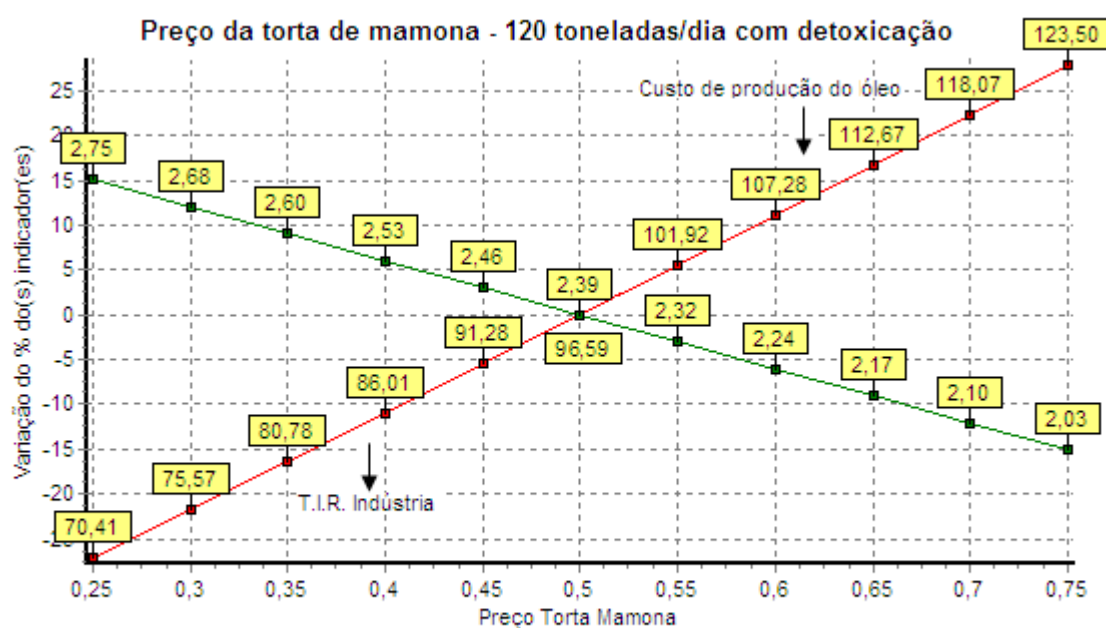
Observa-se na que para a unidade de 1,6 toneladas por dia sem detoxicação com o aumento de 10% no valor da torta da mamona (de R\$ 0,40 que é o preço de venda da torta tóxica para R\$ 0,44) provoca uma redução no custo de produção de 2,42 % no preço do óleo de mamona de R\$ 2,89 para R\$ 2,82.

Para a unidade com capacidade para 1,6 toneladas por dia com detoxicação com o aumento de 10 % no valor da torta da mamona (de R\$ 0,50 para R\$ 0,55 que é o preço de venda da torta detoxicada) provoca uma redução no custo de produção do óleo de mamona de 3,43 %, de R\$ 2,91 para R\$ 2,81.

Dessa maneira, percebe-se que o processo de detoxicação da torta de mamona para a capacidade de 1,6 toneladas ocasionou em aumento no custo de produção do óleo de mamona assim como a unidade com detoxicação apresentou TIR menor (33,23 %) que a da unidade sem detoxicação da torta (35,87 %). Isso em parte é explicado pelo aumento do custo, em função do aumento do investimento para a montagem da linha de detoxicação da torta junto à linha de extração do óleo, pelo aumento de custos operacionais e de mão-de-obra. Isso determina que o processo possa não ser um negócio econômico rentável para essa escala, sendo mais viável comercializar a torta tóxica para outras finalidades. Porém, necessita-se desenvolver estudos com outras capacidades de produção de pequena escala de produção maiores que 1,6 toneladas, os quais podem vir a gerar resultados favoráveis a utilização do processo de detoxicação.



(A) — T.I.R. Indústria — Custo de produção do óleo



(B) — T.I.R. Indústria — Custo de produção do óleo

Figura 20 – Análise de sensibilidade variando os preços do farelo da mamona sem e com o processo de detoxicação com capacidade de processar 120 ton/dia.

Para a unidade com capacidade de processar 120 toneladas de mamona, sem o processo de detoxicação, um aumento de 10 % no valor da torta da mamona (de R\$ 0,40 que é o preço de venda do farelo tóxico para R\$

0,44) causou redução de 3,00 % no custo de produção do óleo de mamona de R\$ 2,48 para R\$ 2,42. Já para a unidade com detoxicação do farelo o aumento de 10 % no valor da torta da mamona (de R\$ 0,50 para R\$ 0,55 que é o preço de venda da torta detoxificada) provocou uma redução de 2,92% no custo de produção, de R\$ 2,39 para R\$ 2,32.

A análise realizada nos permite observar que as unidades com maior capacidade de processamento têm menor custo de produção do óleo de mamona em relação ao custo de produção das unidades de 1,6 toneladas por dia. Já visto que o aumento na TIR da indústria de 120 toneladas/dia é maior e que o custo de produção para do óleo para a unidade com detoxicação é menor, torna-se atrativo adotar esse processo para escalas maiores.

5.4 Conclusão

Os exemplos das unidades de extração de óleo de mamona tradicionais ou com detoxicação da torta ou do farelo possibilitaram realizar análises de viabilidade técnica e econômica que podem servir de modelo para possíveis investidores interessados em adotarem tecnologia para utilizar o co-produto da extração de óleo para a produção de ração animal.

As duas unidades de extração de óleo de mamona com e sem detoxicação para a capacidade de 1,6 e 120 toneladas por dia apresentaram viabilidade econômica. Porém para as unidades de pequena escala o prazo para se obter retornos financeiros é maior.

O processo de detoxicação para a pequena escala apesar de viável, não apresentou rentabilidade atrativa, sendo melhor comercializar a torta tóxica para outras finalidades, já que a diferença da TIR entre as unidades menores com detoxicação foi inferior à TIR da unidade sem detoxicação.

A partir das análises das unidades com capacidade para esmagar 120 toneladas por dia de baga de mamona pode-se concluir que os investimentos e custos necessários para realizar o processo de detoxicação do farelo de mamona, são compensados pelo aumento das receitas industriais. Pelo fato do volume de produção dessas unidades serem muito acima das unidades piloto, o retorno financeiro torna-se maior e é tido em menor prazo de tempo, tornando essa escala mais atrativa para realização de investimentos da indústria de extração do óleo de mamona.

Em contrapartida, as oscilações e o alto preço do quilo da mamona, dificultam a tomada de decisão de investidores para adotarem esta oleaginosa como matéria-prima para produção de óleo vegetal. A estabilidade no preço de venda da matéria-prima, maior responsável pelos custos do investimento, é fator crítico para a tomada de decisão.

A expectativa que se tem é de que a possibilidade de detoxicação pode gerar receita adicional e maior lucro para as unidades maiores, além de disponibilizar um produto importante nas regiões onde estas unidades estarão instaladas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOISSA. Acesso em 7 de maio de 2009. Disponível em <http://www.aboissa.com.br>.

AKTAR, M.; MAHMOOD, I. Control of plant-parasitic nematodes with organic and inorganic amendments in agricultural soil. **Applied Soil Ecology**, v. 4.

ALICEWEB. Acesso em 4 de maio de 2009. Disponível em <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>.

ANDRIGUETTO, J. M. **Sementes oleaginosas e seus subprodutos**. In: ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição animal** – as bases e os fundamentos da nutrição animal – os alimentos. São Paulo: Nobel, 1982. v. 1, cap. 3, p. 314 – 341.

ANP – Agência Nacional de Petróleo, acessado dia 8 de julho de 2008, disponível no site <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel.asp>.

AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Embrapa Algodão (Campina Grande, PB) - Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 350p.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C. **Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância do seu cultivo no Brasil**. Fibras e Óleos. Campina Grande, n. 31, p. 7, 1999.

BIOFUELS PLATAFORM. Disponível em <http://www.biofuels-platform.ch/en/infos/eu-biodiesel.php>. Acesso em 26 de junho de 2009.

BIOTOR INDUSTRIES LIMITED. Disponível em <http://www.biotorindustries.com/castor-oil-world-scenario.html>. Acesso em 26 de junho de 2009.

BON, J.H. **Solubilização das proteínas da mamona por enzimas proteolíticas**. 1977. 136p. Dissertação de Mestrado. UFRJ, Rio de Janeiro.

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**, v.17, n.5, p.456-464, 1988.

BRASIL, Ministério da Indústria e Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. Coordenadoria de Informações Tecnológicas. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília – DF, 1985. 364 p.

BRITO, M.F.; TOKARNIA, C.H. Intoxicação experimental pelas sementes trituradas de *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) em coelhos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.16, n.4, p.1-7. out/dez. 1996.

BORGES, Moacir Chaves; PEREZ, R.; SILVA JÚNIOR, Aziz Galvão da; ALMEIDA JUNIOR, João Francisco de. **Decision Support System Related To The Biodiesel Program in Brasil**. In: **AMS2006 Applied Modeling and Simulation**, 2006, Búzios. AMS2006, 2006.

BORGES, Moacir Chaves. Protótipo de um sistema integrado de apoio à decisão sobre investimentos industriais e agrícolas na cadeia produtiva do biodiesel. Dissertação, f. 5 - 29. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2008.

CÂNDIDO, M. J. D; AQUINO, D. C.; OLIVEIRA, B. C. M; NETO, P. C. O; BESERRA, L. T; MENESES, A. J. G. Digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes de rações com quatro níveis de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona. 44º Reunião anual da sociedade brasileira de Zootecnia. UNESP, Jaboticabal. 24 a 27 de julho de 2007.

CÂNDIDO, M. J. D; VIEIRA, M. M. M; BOMFIM, M. A. D.; SEVERINO, L. S.; ZAPATA, J. F. F; BESERRA, L. T; FERNANDES, J. P. B. Características da carcaça de ovinos alimentados com dietas contendo quatro níveis de farelo de mamona. 45º Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. Lavras, MG – Universidade Federal de Lavras. 22 a 25 de julho de 2008.

CARLINI, C.R.; SÁ, M.F.G. Plant toxic proteins with inseticidal properties. A review on their potentialities as bioinseticides. **Toxicon** v. 40, p. 1515-1539, 2002.

CARVALHO, M.E.A. **Estudos para a obtenção de concentrados de proteínas da mamona desintoxicados e desalergenizados**. 1978. 78p. Dissertação de Mestrado. UFRJ, Rio de Janeiro.

CASTOROIL, acesso em 4 de maio de 2009. Disponível em <http://www.castoroil.in/reference/report/report.html>

COCAMAR. Cooperativa Agroindustrial. Acesso em 15 de setembro de 2008. Disponível em <http://www.cocamar.com.br>.

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

CONAB, acesso em 05 de maio de 2009. Disponível em: www.conab.gov.br.

COSTA, F. X.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M; FREIRE, R. M. M; LUCENA, M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Composição química da torta de mamona. I Congresso Brasileiro de Mamona. Energia e Sustentabilidade. 23 a 26 de novembro de 2004. Campina Grande – PB.

COSTA, T. L. Características físicas e físico-químicas do óleo de duas cultivares de mamona. Dissertação, 113 f, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2006.

DRUMMOND^a, A. R. F.; GAZINEU, M. P. 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, 1, 2006, Brasília, um CD.

DRUMMOND^b, A. R. F.; GAZINEU, M. P. P.; ALMEIDA, L.; SOUTO MAIOR A. **Desenvolvimento de Aparelho para Extração de Óleo de Alta Viscosidade**. IN: CONGRESSO DA REDE. BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1, 2006, Brasília, 1 CD.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB). **BRS 149 (Nordestina)**. Campina Grande, 1998. Folder.

EMBRAPA, **O que sabemos sobre a torta de mamona**. Documentos. ISSB 0103 – 0205, março, p. 32, 2005.

EMBRAPA, **Cultivo da mamona. Características do óleo**. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/oleo.html#fig1, acesso em 24 de abril de 2009.

EMBRAPA, Ricina: **Um impasse para utilização da torta de mamona e suas aplicações**. Documentos. ISSB 0103 – 0205, dezembro, p. 26, 2007.

EMBRAPA, Estados vão discutir programas de incentivo à mamona. <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2004/novembro/bn.2004-12-10.8754735034/>, acesso em 10 de novembro de 2008.

EMILIGY, I; NORTON, D. C. Survival and reproduction of some nematodes as affected by muck and organic acids. *Journal Nematology*. 5, p. 50 – 53. 1973.

ERICKSON, D. R. **Practical Handbook of soybean processing and utilization**. AOCS Press Champaign, Illinois and St. Louis Missouri. P1854 – 217. 1995.

EUROPEAN BIODIESEL BOARD. Disponível em <http://www.ebb-eu.org/>. Acesso em 26 de julho de 2009.

FAO, www.fao.org.br, acesso em 05 de maio de 2009.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (eds). *O agronegócio da mamona no Brasil*. Embrapa Algodão (Campina Grande, PB) – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2001. 350 p.

GAMA, C. C; OLIVEIRA, N. D; FELIX, S. P, MACHADO, O. L. T. Desativação de alérgenos de mamona pelo uso do reagente Woodward. 2º Congresso brasileiro de mamona. 2006

GARDNER JR., H.K.; D'AQUIN, E.L.; KOULTUN, S.P.; McCOURTNEY, E.J.; VIX, H.L.E.; GASTROCK, E.A. Detoxification and desallergenization of Castor Beans. *The Journal of the American Oil Chemists Society*. v.37, p.142-148, 1960.

GASPAR, D. A. N.; SILVA, C. B. da. **Mamona no Ceará**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. 86 p, 1956.

GOMES, B. C; LIMA, D. L; SILVA, S. D. A; JÚNIOR, C. R; COSTA, A. V; ANTUNES, L. E. C; MATTOS; M. L; JÚNIOR, J. G. C; NASCIMENTOS, J. S; MOURA, A. B. Efeito da torta de mamona e do repolho na biofumigação e solarização do solo para controle de fitonematóides associados ao pessegueiro. 2º Congresso Brasileiro de Mamona. 2006.

GONÇALVES, N. P.; KAKIDA, J.; LELES, W. D. Cultivares de mamona. **Informe Agropecuário**, v. 7, 1981.

GUIMARÃES, O. M. B. A inserção do semi-árido pernambucano nas linhas do comércio internacional: a partir do complexo mamona-biodiesel. 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

HEWETSON, J.F.; RIVERA, V.R.; CREASIA, D.A.; LEMLEY, P.V.; RIPPY, M.K.; POLI, M.A. Protection of mice from inhaled ricin by vaccination with ricin or by passive treatment with heterologous antibody. **Vaccine**, v. 11, n. 7, mai. p.743- 746, 1993.

IBGE, www.ibge.gov.br, acesso em 05 de maio de 2009.

ICOA – International Castor Oil Association. **The processing of castor meal for detoxification and desallergenation**. Ridgewood, 1989. 75p. (Technical Bulletin, 1).

IEA - INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Amendoim: Desafios Da Produção Agrícola Ao Processamento Industrial**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=3573>>. Acesso em: 21 set. 2007.

KING, J.W., **Critical fluids for oil extraction**, In Wan, P.J., Wakelyn, P.J. (Eds.): Technology and Solvents for Extracting Oilseeds and Nonpetroleum Oils, p. 283. AOCS Press, Champaign, IL (1997).

LEAR, B. Application of castor pomace and cropping of castor beans to soil to reduce nematode population. *Plant Di. Repr.* 63, p. 459 – 460. 1959.

LIMA, R.L.S., SEVERINO, L.S., ALBUQUERQUE, R.C., BELTRÃO, N.G.M. **Alelopatia de plantas daninhas sobre a mamoneira**. 2º Congresso Brasileiro de Mamona, Aracaju – SE, 2006.

LORD, J.M.; ROBERTS, L.M.; ROBERTUS, J.D. Ricin: structure, mode of action and some current applications. **The FASEB Journal**, v. 8, p. 201-208. 1994.

MAFART, P.; BELIARD, E. **Ingenieria industrial alimentária**. Zaragoza: Acríbia, 1994. 277 p.

MASHELA, P.W.; NITHANGENI, M.E. Efficacy of *Ricinus communis* fruit meal with and without *Bacillus* species on suppression of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato. **Journal of Phytopatology**, v.150, p.399-402, 2002.

McKEON, T.A.; LIN, J.T.; CHEN, G.Q. Developing a safe source of castor oil. **Inform**, v.13, mai, p.381-385, 2002.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Mistura obrigatória do biodiesel entra em vigor**. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/site/>>. Acesso em 12 dez. 2007.

MIRAGAYA, J. C.G. **Biodiesel: tendências no mundo e no Brasil**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 7-13, 2005.

MIRANDA, R.M.; BAREIRA, H.A.; FARIA, E.V.; MACHADO, D.D. **O farelo de mamona detoxicado na alimentação de novilhas leiteiras**. Rio de Janeiro: Instituto de Zootecnia, 1961.12p. (Publicação, 41).

MOSHKIN, V.A. **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986. 315p.

MOTTOLA, A.C.; MACKEY, B. HERRING, V. Castor meal antigen deactivation – pilot plant steam process. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 48, set. p.510-513, 1971.

NAE, Cadernos, Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, nº. 2 (jan. 2005). **Biocombustíveis**. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, Brasília, 2005.

NARANG, U.; ANDERSON, G.P.; LIGLER, F.S.; BURANST, J. Fiber optic-based biosensor for ricin. **Biosensors & Bioeletronics**, v.12, n.9, p.937-945, 1997.

OLIVEIRA, C. G. **Proposta de modelagem transiente para a clarificação de óleos vegetais – Experimentos cinéticos e simulação do processo industrial**. Dissertação, f. 22 – 55, Universidade Federal de Santa Catarina, Paraná, 2001.

OLIVEIRA, A. S. **Co-produtos da extração de óleo de sementes de mamona e de girassol na alimentação de ruminantes**. Tese, f. 85 – 124, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2008.

OLSNES, S.; KOZLOV, J. Ricin. **Toxicon**: v.39, n.11, p.1723-1728, 2001.

PARENTE, Expedito Jose de Sá. **Biodiesel: Uma aventura tecnológica num país engraçado**, Fortaleza, 2003. 66p.

PEIXOTO, C. P.; LIMA, J. F. Mamona, **situação atual e perspectivas na Bahia**. Artigo, Informes. Revista Bahia Rural. Salvador, Bahia, set. 2006.

PERRONE, J.C.; IACHAN, A.; DOMONT, G.B.; DISITZER, L.V.; CASTRO, V.R.O.; ROITMAN, R.; GOMES, S.M. **Contribuição ao estudo da torta de mamona**. Rio de Janeiro: Departamento de Imprensa Nacional, 1966. 51p.

PINKERTON, S.D.; ROLFE, R.; AULD, D.L. Selection of Castor with divergent concentration of ricin and *Ricinus communis* agglutinin. **Crop Science** v. 39, n. 2, p. 353-357, 1999.

PONCHIO, J. A. R. FAO. Relatório final: **Cadeia produtiva de mamona para o biodiesel**. Brasília, 2004.

PRONAF, acesso em 22 de setembro de 2008. Disponível em <http://www.mda.gov.br/saf/index.php>.

SAMPAIO, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; ALBUQUERQUE, R. C.; BELTRÃO, N. E. M.; SAMPAIO, L. R. Casa e torta de mamona avaliados em vasos como fertilizantes orgânicos. *Revista Caatinga* (Mossoró, Brasil), v. 21, n. 5 (Número especial), p. 102 – 106, dezembro 2008.

SARTORI, M. A. **Análise de cenários de extração de óleo vegetal para produção de biodiesel na região norte de Minas Gerais**. Dissertação, f. 69 – 75, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2007.

SAVY A. F.; BANZATTO, N. V. **O Mercado está para a mamona**. Casa da agricultura, v.5, n. 5, p. 12-15, 1983.

SBTR. Acesso em 20 de setembro de 2008. Disponível em <http://sbrt.ibict.br/pages/index.jsp?jsessionid=2983354B7F2B05E6C74ED348D0E75237>.

SEVERINO, L.S. COSTA, F.X.; BELTRÃO, N.E.M.; LUCENA, A.M.A.; GUIMARÃES, M.M.B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra** v. 5, n. 1, 2004.

SILVA, S. D. S. Mapeamento de variáveis mercadológicas para a produção de biodiesel a partir da mamona na região nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Pernambuco,. 129 f. 2006.

SOUZA, R. M. **Efeito do farelo de mamona destoxicado sobre os valores hematológicos de suínos**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 43p. 1979.

TANDY, D. Oilseed extraction. In: TANDY, D. **Introduction to facts and oils technology**. Illinois: American Oil Chemists' Society, 1991.

TRUGO, N.M.F. **Isolamento e caracterização química e físico-química de alérgenos de mamona**. 1979. 110p. Dissertação de Mestrado. UFRJ, Rio de Janeiro.

UDESHI, V. The present status of castor oil industry. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON CASTOR SEED, CASTOR OIL AND ITS VALUE ADDED PRODUCTS. **Proceedings**. Ahmedabad: The Solvent Extractors Association of India, 2004. p.36-38.

UFV – Universidade Federal de Viçosa. **Análise da cadeia de produção de óleo vegetal na região de Jaíba – MG**, Relatório técnico do Convênio Ministério do Desenvolvimento Agrário e Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

UNICA - UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Presidente dos EUA propõe eliminação das barreiras ao etanol**. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/portalunica/>>. Acesso em 12 jan. 2008

ZUCHI, J; BEVILAQUA, G. A. P; GALHO, A; MARQUES, R. L. L; SILVA, S. D. A Efeito da torta de mamona sobre os componentes de rendimento triticales. Resultados do V CBA – Manejo de Agroecossistemas Sustentáveis. Revista brasileira de agroecologia, vol. 2, nº 2, out. 2007.

WAN, P.J. Oilseed extraction. In: WAN, P.J. **Introduction to facts and oils technology: properties in facts and oils**. Illinois: American Oil Chemists' Society, 1991. 112 p.

WOO, B.H.; LEE, J.T.; LEE, K.C. Purification of Sepharose-unbinding ricin from Castor Beans (*Ricinus communis*) by hydroxyapatite chromatography. **Protein Expression and Purification**, v.13, p.150-154, 1998.

Anexo 01 – Lista de equipamentos da unidade de extração e detoxicação de óleo de mamona com capacidade para 1,6 toneladas por dia.

- 1 descascadora de mamona DME – 100;
- 1 moinho triturador TEM – 100;
- 1 cozinhador fogo direto TCE – 100;
- 1 mini prensa Ecirtec MPE – 100;
- 1 filtro prensa FPE – 25/10;
- 1 tanque depósito final de óleo refinado, com bomba de carregamento (instalado fora do prédio, de acordo com o dimensionamento da planta, fornecido pelo cliente);
- 1 betoneira para mistura;
- 2 tanques para repouso*.

* Para a unidade com a linha de detoxicação da torta/farelo de mamona.

Anexo 02 – Lista de equipamentos da unidade de extração e detoxicação de óleo de mamona com capacidade para 120 toneladas por dia.

Equipamentos de recepção, pré-limpeza e descascamento da mamona

- 1 máquina de limpeza Modelo TL – 30;
- 3 descascadoras Nux BMN – 50;
- 1 rosca transportadora modelo RO – 12”;
- 2 elevadores de caçambas por corrente modelo E – 301;
- 1 rosca transportadora modelo RO – 9”;
- 2 roscas transportadoras modelo RO – 12”;
- 2 transportadores de arraste modelo R – 200;
- Canalização, suportes e acessórios;
- Montagem, suportes e acessórios;
- Instalações elétricas.

Equipamentos de limpeza, cozimento e prensagem da baga

- 6 transportadores de arraste modelo R – 200
- 1 silo pulmão para bagas;
- 3 elevadores de caçambas por corrente modelo E – 301;
- 1 peneira vibratória aberta marca FEBA;
- 1 descascador de marinho modelo TDM-50;
- 1 separador densimétrico de pedras modelo TSP-10;
- 1 separador magnético modelo TSM – 05
- 2 cozinhadores verticais modelo TCV – 70;
- 2 prensas Expellers modelo TPE – 60;
- 3 roscas transportadora modelo RO – 9”;
- 1 transportador de arraste tipo filtro contínuo modelo R – 2200;
- 1 rosca transportadora modelo RO – 12”.

Equipamentos da seção de extração mecânica

- Transportador de arraste modelo R-200;
- Cozinhadores verticais modelo TCV-70;
- Prensas expellers modelo TPE-60;
- Rosca transportadora modelo RO-9”;
- Transportador de arraste tipo filtro contínuo modelo R-2200;
- Transportador de arraste modelo R-200;
- 1 bomba centrífuga para alimentação do tanque de óleo bruto.

Equipamentos da seção de extração por solvente

- 1 tanque em aço inox para óleo da extração por solvente;
- 1 tanque para óleo das prensas e óleo da extração por solvente;
- 1 tanque para condensado;
- 1 bomba de engrenagens para alimentação do tanque hidratador de gomas;
- 1 tanque hidratador de gomas;
- 1 tanque pulmão para alimentação da super *decanter*;
- 1 centrífuga super *decanter*;
- 1 tanque para óleo degomado;
- 1 bomba de engrenagens para alimentação do tanque medidor;

- 1 tanque medidor para alimentação do clarificador;
- 1 bomba para alimentação do clarificador;
- 1 clarificador de óleo;
- 1 ejetor a vapor;
- 1 tanque para terra clarificante;
- 1 silo para terra filtrante com rosca dosadora;
- 1 tanque de pré-capa;
- 1 bomba centrífuga para alimentação do filtro de óleo;
- 1 filtro vertical para óleo;
- 1 coletor de terra com rosca dosadora de terra filtrante;
- 1 tanque para óleo filtrado;
- 1 transportador de arraste bulk – flow modelo R – 20 (extrator – DT);
- 1 dessolventizador modelo TDT-04-SH;
- 1 lavador úmido (Scruber – AP – 1);
- 1 ebulidor (fervedor) – AP – 2;
- 1 tanque para miscela – TQ – 2;
- 1 conjunto de evaporação primeiro estágio – economizador - AQ-1 / EV-1;
- 1 conjunto de evaporação – segundo estágio – AQ-2 / EV-2;
- 1 evaporador – conjunto de coluna Strípper com aquecedor EV-3 / AQ-4;
- 4 condensadores - CD – 1, CD – 2, CD – 3 e CD – 4;
- 1 coluna equalizadora – EQ;
- 1 ventilador de aço inoxidável modelo VAP – 400;
- 1 coluna de absorção com óleo mineral – DF –2;
- 2 trocadores de calor tipo placa – EF-1A / 1B;
- 1 aquecedor – AQ – 5;
- 1 evaporador de solvente do óleo mineral (Stripper) – DF – 3;
- 1 separador de líquido – DF – 1;
- 1 rotâmetro para óleo mineral;
- 1 decantador de solvente – DC – 1, DC – 2 e DC – 3;
- 1 controlador de nível AP – 4;
- 1 revaporador de condensado AP – 3;
- 2 coletores de segurança DG – 4 / DG – 4A;
- 3 ejetores a vapor E-1 / E-2 / E-3;
- 2 coletores de Amostra C – 1 e C – 2;
- 1 filtro de segurança – F – 1;
- 11 reservatórios para solvente;
- Tubulações e acessórios;
- Montagem, testes e posta em marcha;
- Isolamento térmico.

Sessão de equipamentos para armazenamentos e auxiliares

- 3 transportadores de arraste DRAG modelo TD-9”;
- 1 resfriador horizontal para farelo modelo TRF – 80 – E;
- 2 roscas transportadora modelo RO – 9”;
- 2 elevadores de caçambas por corrente modelo E – 301;
- 1 silo pulmão para farelo;
- 1 elevador de caçambas por corrente modelo E – 301;

- 1 moinho para farelo modelo TMF – 10;
- 1 ensacadeira semi-automática Matisa – Modelo MB – 2/C;
- 1 máquina de costura industrial Matisa;
- 2 esteiras transportadoras móveis;
- Tubulações e acessórios;
- Instalações elétricas;
- Instalações mecânicas;
- Caldeira HP 4000 Kg/h.

Sessão de equipamentos para o processo de detoxicação de torta de farelo de mamona

- 1 transportador helicoidal Ø 9" x 6 metros – capacidade de 4 toneladas/h;
- 1 elevador de canecas – capacidade de 4 toneladas/h;
- 1 silo de armazenagem tipo vagão com base inclinada – capacidade de 80 toneladas;
- 2 tanques com agitador para mistura de CaO e água – capacidade de 2000 L cada. Interligação do silo de 80 toneladas ao misturador;
- 2 transportadores helicoidais Ø 9" x 12 metros – capacidade de 4 toneladas/h;
- 2 transportadores helicoidais Ø 9" x 12 metros – capacidade de 4 toneladas/h. Interligação do misturador ao silo de 40 toneladas;
- 2 silos de armazenamento tipo vagão com base inclinada – capacidade de 40 toneladas;
- 1 transportador helicoidal Ø 9" x 6 metros – capacidade de 5 toneladas/h. Interligação do silo de 40 toneladas ao secador;
- Secador rotativo tipo fornalha.

Anexo 03 – Investimentos fixos para a indústria de 1,6 e 120 toneladas por dia sem e com detoxificação.

	Unidade com capacidade para 1,6 toneladas/dia sem detoxificação			Unidade com capacidade para 1,6 toneladas/dia com detoxificação		
	Quantidade (m²)	R\$/m²	Total (R\$)	Quantidade (m²)	R\$/m²	Total (R\$)
1 - Obras civis e benfeitorias						
Terreno e terraplanagem	1000	6,00	6000,00	1.000	6,00	6000,00
Construções civis	140	420,00	58800,00	140	420,00	58800,00
		Subtotal (R\$)	64.800,00		Subtotal (R\$)	64800,00
2- Equipamentos						
Linha completa	-		104400,00	-	114290,00	114290,00
		Subtotal (R\$)	104400,00	-	-	-
		Total (R\$)	169200,00		Total (R\$)	179090,00
	Unidade com capacidade para 120 toneladas/dia sem detoxificação			Unidade com capacidade para 120 toneladas/dia com detoxificação		
	Quantidade (m²)	R\$/m²	Total (R\$)	Quantidade (m²)	R\$/m²	Total (R\$)
1 - Obras civis e benfeitorias						
Terreno e terraplanagem	10.000	6,00	60000,00	10.000	6,00	60000,00
Construções civis	2400	420,00	1008000,00	2400	420,00	1008000,00
		Subtotal (R\$)	1068000,00		Subtotal (R\$)	1068000,00
2- Equipamentos						
2.1 - Seção de recepção e preparo						
Pré-limpeza			670000,00		670000,00	670000,00
		Subtotal (R\$)	670000,00		Subtotal (R\$)	670000,00
2.2 - Seção Extração						
Sistema de extração mecânica sem clarificação			5065000,00		5065000,00	5065000,00
Extração química			5310000,00		5310000,00	5310000,00
		Subtotal (R\$)	10375000,00		Subtotal (R\$)	10375000,00
2.3 – Seção de armazenamento, auxiliares						
Resfriamento, moagem, ensaque do farelo			800000,00			800000,00
Instalações Elétricas			1850000,00			1850000,00
Automatização eletrônica – extração			430000,00			430000,00
Outros (caldeira, silos, laboratório)			199500,00			199500,00
Torre resfriamento			110000,00			110000,00
Laboratório			708855,00			708855,00
Seção de detoxificação da torta						488000,00
		Subtotal (R\$)	3460355,00		Subtotal (R\$)	3948355,00
		Total (R\$)	15573355,00		Total (R\$)	16061355,00

Anexo 04 – Investimento em capital de giro para a indústria de 1,6 e 120 toneladas por dia sem e com detoxicação.

1,6 toneladas por dia		Sem detoxicação	Com detoxicação
Itens	Prazos de referência (dias)	Total (R\$)	Total (R\$)
Matéria-prima	15	Total (R\$)	Total (R\$)
Insumos	15	21591,36	21591,36
Produtos acabados	15	161,30	617,58
Vendas a prazo		29940,30	31300,88
Reserva de caixa	2 %	29940,30	31300,88
	Total (R\$)	11976,12	12520,35
120 toneladas por dia		Sem detoxicação	Com detoxicação
Itens	Prazos de referência (dias)	Total (R\$)	Total (R\$)
Matéria-prima	15	1620648,00	1620.648,00
Insumos	15	64617,80	92963,13
Produtos acabados	15	2250456,21	2293236,90
Vendas a prazo		2250456,21	2293236,90
Créditos de fornecedores		-1685265,80	-1713611,13
Reserva de caixa	2 %	902017,31	917294,76
	Total (R\$)	5412103,84	5503768,56

Anexo 05 – Custos variáveis para a indústria de 1,6 e 120 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta.

Itens	Unidade	1,6 toneladas/dia						120 toneladas/dia					
		Sem detoxicação			Com detoxicação			Sem detoxicação			Com detoxicação		
		Coefficiente	Valor Unitário	Total Anual	Coefficiente	Valor Unitário	Total Anual	Coefficiente	Valor Unitário	Total Anual	Coefficiente	Valor Unitário	Total Anual
1 – Matéria-prima	Kg/L óleo	2,94	0,90	431827,20	2,94	0,90	431827,20	2,44	0,90	3241260,000	2,44	0,90	431827,20
			Subtotal (R\$)	431827,20		Subtotal (R\$)	431827,20		Subtotal (R\$)	32412960,000		Subtotal (R\$)	431827,20
2 – Insumos e Utilidades													
Hexano	L/kg óleo										0,0014	1,90	39261,60
Energia elétrica	kWh/kg óleo	0,02825	0,49	2259,10	0,0366	0,49	2926,83	0,00548	0,45	36398,16	0,00615	0,45	4848,30
Vapor Saturado	Kg/Kg óleo							0,7368	0,09	978765,12	0,7368	0,09	978765,12
Água para funcionários/ Água para funcionários e detoxicação*	m³/kg óleo	0,000735	8,06	966,81	0,00184*	8,06*	2420,32*	0,002	8,06	237931,20	0,00278	8,06	330724,37
Óxido de cálcio (CaO) virgem micro processada*	Kg/Kg óleo	-	-	-	0,116*	0,37	7004,54*				0,086	0,37	46966320
			Subtotal (R\$)	3225,91		Subtotal (R\$)	12351,69		Subtotal (R\$)	1292356,08		Subtotal (R\$)	1859262,59
3 – Mão-de-obra													
Semi especializada								1	1900,00	68400,00	1	1900,00	68400,00
Não-especializada	Homens/T urno	4	500,00	48000,00	5	500,00	60000,00	15,00	760,00	410400,00	19,00	760,00	519840,00
Encargos sociais	%	100,00		48000,00	100,00		60000,00	100,00		478800,00	100,00		517651,20
			Subtotal (R\$)	96000,00		Subtotal (R\$)	120000,00		Subtotal (R\$)	900144,00		Subtotal (R\$)	1105891,20
4 – Outros													
Manutenção da linha	% do Invest. em Equipamento	3,00		3132,00	3,00		3428,70	7,00		1049534,85	7,00		1049534,85
Impostos – ICMS	R\$/L de óleo	0,27		39984,00	0,27		39984,00	0,15		2243520,00	0,15		2243520,00
Impostos - PIS/PASEP/ COFINS	R\$/L de óleo	0,08		12900,96	0,08		12900,96	0,08		1166778,00	0,08		1166778,00
Transporte de matéria-prima	R\$/100km/ Kg de matéria							244		396158,40	244		396158,40

	prima												
Transporte de óleo	R\$/1800k m/L de óleo							1729		3572805,60	1729		3572805,60
			Subtotal (R\$)	52884,96		Subtotal (R\$)	52884,96		Subtotal (R\$)	7379262,00		Subtotal (R\$)	7379262,00
			Total (R\$)	587070,07		Total (R\$)	620492,55		Total (R\$)	43057552,93		Total (R\$)	43806910,64

Anexo 06 – Custos fixos para a indústria de 1,6 e 120 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta.

1,6 toneladas/dia				
			Sem detoxicação	Com detoxicação
1 – Depreciação	Unidade	Período de depreciação (anos)	Valor (R\$)	Valor (R\$)
Depreciação de obras civis	Anos	50	1296,00	1296,00
Depreciação de equipamentos	Anos	10	10440,00	11429,00
		Subtotal (R\$)	11736,00	12725,00
		Total (R\$)	11736,00	12725,00
120 toneladas/dia sem detoxicação				
1 – Administrativos	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Total Anual
Mão-de-obra especializada	Homens/Indústria	1	3000,00	36000,00
Mão-de-obra administrativa	Homens/Indústria	4	1000,00	48000,00
ATER Agrônomo	Famílias/Agrônomo	1600	1250,00	30012,00
ATER Técnico Rural	Famílias/Técnico	190	720,00	145574,00
ATER Agente Comunitário	Famílias/Agente	25	17,00	26122,44
Encargos sociais	%	100		285708,44
			Subtotal (R\$)	571416,88
2 – Depreciação		Período de Depreciação (anos)		
Depreciação de obras civis	Anos	50		21360,00
Depreciação de equipamentos	Anos	10		1450535,50
			Subtotal (R\$)	1471895,50
			Total (R\$)	2043312,38
120 toneladas/dia com detoxicação				
1 – Administrativos	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Total Anual
Mão-de-obra especializada	Homens/Indústria	1	3000,00	3600,00
Mão-de-obra administrativa	Homens/Indústria	4	1000,00	48000,00
ATER Agrônomo	Famílias/Agrônomo	1600	150,00	3012,00
ATER Técnico Rural	Famílias/Técnico	190	720,00	14574,00
ATER Agente Comunitário	Famílias/Agente	25	17,00	26122,44
Encargos sociais	%	100		285708,44
			Subtotal (R\$)	571416,88
2 – Depreciação		Período de Depreciação (anos)		
Depreciação de obras civis	Anos	50		21360,00
Depreciação de equipamentos	Anos	10		1499335,50
			Subtotal (R\$)	1520.695,50
			Total (R\$)	2092112,38

Anexo 07 – Receitas para a indústria de 1,6 e 120 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta.

1,6 toneladas/dia sem detoxicação				
1. Produto Principal	Unidade	Produção	Preço de Venda (R\$/L)	Total Anual
Óleo	Litros	163200,00	3,50	571200,00
2. Produtos Secundários	Unidade	Coefficiente	Preço de Venda (R\$/Kg)	Total Anual
Torta – Mamona	Kg/L de óleo	1,94	0,40	126643,20
			Total (R\$)	697843,20
1,6 toneladas/dia com detoxicação				
1. Produto Principal	Unidade	Produção	Preço de Venda (R\$/L)	Total Anual
Óleo	Litros	163200,00	3,50	571200,00
2. Produtos Secundários	Unidade	Coefficiente	Preço de Venda (R\$/Kg)	Total Anual
Torta – Mamona	Kg/L de óleo	1,94	0,50	158304,00
			Total (R\$)	729504,00
120 toneladas/dia sem detoxicação				
1. Produto Principal	Unidade	Produção	Preço de Venda (R\$/L)	Total Anual
Óleo	Litros	1460000,00	3,80	56088000,00
2. Produtos Secundários	Unidade	Coefficiente	Preço de Venda (R\$/Kg)	Total Anual
Torta – Mamona	Kg/L de óleo	1,44	0,40	8501760,00
			Total (R\$)	6489760,00
120 toneladas/dia com detoxicação				
1. Produto Principal	Unidade	Produção	Preço de Venda (R\$/L)	Total Anual
Óleo	Litros	1460000,00	3,80	56088000,00
2. Produtos Secundários	Unidade	Coefficiente	Preço de Venda (R\$/Kg)	Total Anual
Torta – Mamona	Kg/L de óleo	1,44	0,50	10627200,00
			Total (R\$)	66715200,00

Anexo 08 – Financiamento de equipamentos e capital de giro para indústria de 120 toneladas por dia sem e com detoxicação.

120 toneladas/dia sem detoxicação	
Item financiado	Equipamentos
Linha de crédito	Finame
Prazo de carência	2,0 anos
Prazo de amortização	3,0 anos
Juros + del Credere	11,65 %
Participação máxima de financiamento	100,00 %
% do Montante	100,00 %
120 toneladas/dia com detoxicação	
Item financiado	Equipamentos
Linha de crédito	BNDES Automático
Prazo de carência	1,0 anos
Prazo de amortização	4,0 anos
Juros + del Credere	11,65 %
Participação máxima de financiamento	40,00 %
% do Montante	100,00%

Anexo 09 – Fluxos de Caixa

Fluxo de caixa para indústria com processamento de 1,6 toneladas por dia sem detoxicação de torta.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Fluxo de Caixa											
Investimento Inicial	-262809,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Receita Operacional	0	697843,20	697843,20	697843,20	697843,20	697843,20	697843,20	697843,20	697843,20	697843,20	697.843,20
Custo de Produção	0	598806,07	598806,07	598806,07	598806,07	598806,07	598806,07	598806,07	598806,07	598806,07	598.806,07
Lucro Operacional	0	99037,13	99037,13	99037,13	99037,13	99037,13	99037,13	99037,13	99037,13	99037,13	99037,13
Juros sobre Financiamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lucro Tributável	0	99037,13	99037,13	99037,13	99037,13	99037,13	99037,13	99037,13	99037,13	99037,13	99037,13
Imposto de Renda	0	11884,46	11884,46	11884,46	11884,46	11884,46	11884,46	11884,46	11884,46	11884,46	11884,46
Fluxo de Caixa Bruto	0	87152,68	87152,68	87152,68	87152,68	87152,68	87152,68	87152,68	87152,68	87152,68	87152,68
Depreciação	0	11736,00	11736,00	11736,00	11736,00	11736,00	11736,00	11736,00	11736,00	11736,00	11736,00
Fluxo de Caixa Líquido	-262809,38	98888,68	98888,68	98888,68	98888,68	98888,68	98888,68	98888,68	98888,68	98888,68	98888,68
Fluxo de Caixa Acumulado	-262809,38	-163920,71	-65032,03	33856,64	132745,32	231633,99	330522,67	429411,34	528300,02	627188,69	726077,37

Fluxo de caixa para indústria com processamento de 1,6 toneladas por dia com detoxicação de torta.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Fluxo de Caixa											
Investimento Inicial	-276421,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Receita Operacional	0	729504,00	729504,00	729504,00	729504,00	729504,00	729504,00	729504,00	729504,00	729504,00	729504,00
Custo de Produção	0	633217,55	633217,55	633.217,55	633217,55	633217,55	633217,55	633217,55	633217,55	633217,55	633217,55
Lucro Operacional	0	96286,45	96286,45	96286,45	96286,45	96286,45	96286,45	96286,45	96286,45	96286,45	96286,45
Juros sobre Financiamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lucro Tributável	0	96286,45	96286,45	96286,45	96286,45	96286,45	96286,45	96286,45	9.286,45	96286,45	96286,45
Imposto de Renda	0	11554,37	11554,37	11554,37	11554,37	11554,37	11554,37	11554,37	11554,37	11554,37	11554,37
Fluxo de Caixa Bruto	0	84732,07	84732,07	84732,07	84732,07	84732,07	84732,07	84732,07	84732,07	84732,07	84732,07
Depreciação	0	12725,00	12725,00	12725,00	12725,00	12725,00	12725,00	12725,00	12725,00	12725,00	12725,00
Fluxo de Caixa Líquido	-276421,05	97457,07	97457,07	97457,07	97457,07	97457,07	97457,07	97457,07	97457,07	97457,07	97457,07
Fluxo de Caixa Acumulado	-276421,05	-178963,98	-81506,91	15950,17	113407,24	210864,31	308321,38	405778,46	503235,53	600692,60	698149,67

Fluxo de caixa para indústria com processamento de 120 toneladas por dia sem detoxicação de torta.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Fluxo de Caixa											
Investimento Inicial	-15573355,00	-5412103,84	0	0	0	0	0	0	0	0	14505355,00
Receita Operacional	0	64589760,00	64589760,00	64589760,00	64589760,00	64589760,00	64589.760,00	64589760,00	64589760,00	64589760,00	64589760,00
Custo de Produção	0	45100865,31	45100865,31	45100865,31	45100865,31	45100865,31	45100865,31	45100865,31	45100865,31	45100865,31	45100865,31
Lucro Operacional	0	19488894,69	19488894,69	19488894,69	19488894,69	19488894,69	1948.894,69	19488894,69	19488894,69	19488894,69	19488894,69
Juros sobre Financiamento	0	1689873,86	2138948,20	2388135,67	1702538,53	937069,33	82422,97	0	0	0	0
Lucro Tributável	0	17799020,83	17349946,49	17100759,02	17786356,16	18551825,35	19406471,71	19488894,69	19488894,69	19488894,69	19488894,69
Imposto de Renda	0	2135882,50	2081993,58	2052091,08	2134362,74	2226219,04	2328776,61	2338667,36	2338667,36	2338667,36	2338667,36
Fluxo de Caixa Bruto	0	15663138,33	15267952,91	15048667,94	15651993,42	16325606,31	17077695,11	17150227,33	17150227,33	17150227,33	17150227,33
Depreciação	0	1471895,50	1471895,50	1471895,50	1471895,50	1471895,50	1471895,50	1471895,50	1471895,50	1471895,50	1471895,50
Fluxo de Caixa Líquido	-15573355,00	11722929,99	16739848,41	16520563,44	17123888,92	17797501,81	18549590,61	18622122,83	18622122,83	18622122,83	33127477,83
Fluxo de Caixa Acumulado	-15573355,00	-3850425,01	12889423,40	29409986,84	46533875,76	64331377,57	82880968,18	101503091,01	120125213,83	138747336,66	171874814,49

Fluxo de caixa para indústria com processamento de 120 toneladas por dia com detoxicação de torta.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Fluxo de Caixa											
Investimento Inicial	-16061355,00	-5503768,56	0	0	0	0	0	0	0	0	14.993.355,00
Receita Operacional	0	66715200,00	66715200,00	66715200,00	66715200,00	66715200,00	66715200,00	66715200,00	66715.20000	66715.20000	66715.20000
Custo de Produção	0	45864738,01	45864738,01	45864738,01	45864738,01	45864738,01	45864738,01	45864738,01	45864738,01	45864738,01	45864738,01
Lucro Operacional	0	20850461,99	20850461,99	20850461,99	20850461,99	20850461,99	20850461,99	20850461,99	20850461,99	20850461,99	20850461,99
Juros sobre Financiamento	0	1746725,86	2206695,03	2463775,01	1756101,83	965984,72	83818,97	0	0	0	0
Lucro Tributável	0	19103736,14	18643766,96	18386686,99	19094360,17	19884477,27	20766643,02	20850461,99	20850461,99	20850461,99	20850461,99
Imposto de Renda	0	2292448,34	2237252,04	2206402,44	2291323,22	2386137,27	2491997,16	2502055,44	2502055,44	2502055,44	2502055,44
Fluxo de Caixa Bruto	0	16811287,80	16406514,92	16180284,55	16803036,95	17498340,00	18274645,86	18348406,55	18348406,55	18348406,55	18348406,55
Depreciação	0	1520695,50	1520695,50	1520695,50	1520695,50	1520695,50	1520695,50	1520695,50	1520695,50	1520695,50	1520695,50
Fluxo de Caixa Líquido	-16061355,00	12828214,74	17927210,42	17700980,05	18323732,45	19019035,50	19795341,36	19869102,05	19869102,05	19869102,05	3486245705
Fluxo de Caixa Acumulado	-16061355,00	-3233140,26	14694070,16	32395050,21	50718782,66	69737818,16	89533159,52	109402261,57	129271363,63	149140465,68	184002922,74

Anexo 10 – Ponto de equilíbrio das indústrias de 1,6 e 120 toneladas por dia sem e com detoxicação da torta de mamona.

