

**MARCO ANTONIO SARTORI**

**ANÁLISE DE CENÁRIOS DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL  
PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NA REGIÃO DO NORTE DE  
MINAS GERAIS**

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

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007**

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

T

S251a  
2007

Sartori, Marco Antonio, 1978-  
Análise de cenários de extração de óleo vegetal para  
produção de biodiesel na região do norte de Minas Gerais  
Marco Antonio Sartori. – Viçosa, MG , 2007.  
xi, 75f. : il. ; 29cm.

Orientador: Ronaldo Perez.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 69-75.

1. Óleos vegetais - Indústria - Minas Gerais. 2. Agro-  
indústria - Minas Gerais. 3. Agricultura familiar - Minas  
Gerais. 4. Estudos de viabilidade. 5. Biodiesel.  
6. Mamona. I. Universidade Federal de Viçosa. II.Título.

CDD 22.ed. 338.17385098151

**MARCO ANTONIO SARTORI**

**ANÁLISE DE CENÁRIOS DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL  
PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NA REGIÃO DO NORTE DE  
MINAS GERAIS**

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

APROVADA: 23 de fevereiro de 2007.

---

Prof. Aziz Galvão da Silva Júnior  
(Co-Orientador)

---

Prof. Marco Túlio Coelho Silva  
(Co-Orientador)

---

Prof. José Geraldo Vidal Vieira

---

Prof. Cláudio Furtado Soares

---

Prof. Ronaldo Perez  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade de realização do Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos.

Ao professor Ronaldo Perez, pela orientação durante esta jornada, pela amizade e profissionalismo.

Aos professores conselheiros e aos membros da banca examinadora, pelas valiosas sugestões.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela amizade e agradável convivência.

Aos colegas de curso, por compartilharem momentos tão especiais da vida acadêmica.

Aos meus pais, João Batista e Maria José, que tanto me apoiaram e estimularam durante as diversas etapas de formação acadêmica.

Às minhas irmãs, Márcia e Sônia, com quem sempre pude contar nos momentos mais adversos.

À querida Ceres, pela compreensão e por compartilhar comigo um momento tão importante.

Aos companheiros de república, pelo apoio, convívio e amizade.

A todos aqueles, que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

MARCO ANTONIO SARTORI, filho de João Batista Sartori e Maria José da Silva Sartori, nasceu em 26 de novembro de 1978, em Guiricema – MG.

Em março de 2000, iniciou o curso de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em julho de 2004.

Em março de 2005, iniciou o Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de dissertação em fevereiro de 2007.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vi
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo geral.....	5
2.2. Objetivos específicos.....	5
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	6
3.1. A produção de mamona no Brasil.....	6
3.2. A cadeia de produção da mamona e características do óleo..	10
3.4. A agricultura familiar no contexto da produção de biodiesel .	18
3.5. Aspectos relevantes para a extração de óleo vegetal em pequena escala .....	22
3.6. A extração de óleos vegetais .....	24
3.7. Estudos de viabilidade econômica e avaliação de escalas de produção.....	27
3.8. A questão da torta de mamona .....	31
3.9. A produção de biodiesel e óleos vegetais .....	32
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	37
4.1. Identificação de alternativas tecnológicas.....	37
4.2. Estudo da escala de operação das unidades de extração de óleo vegetal e o projeto básico.....	37
4.3. Justificativa das escalas adotadas .....	39
4.6. O sistema BioSoft.....	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	53
5.1. As respostas dos modelos propostos.....	53
6. CONCLUSÕES.....	67
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção mundial de mamona e participação dos principais países produtores (em milhares de toneladas / ano) .....	6
Tabela 2 – Participação dos principais produtores de mamona na produção mundial .....	7
Tabela 3 – Distribuição da produção brasileira de mamona entre os Estados brasileiros .....	8
Tabela 4 – Preços nominais (saca de 60 Kg) pagos aos produtores de mamona na microrregião de Irecê – BA, no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2006 .....	10
Tabela 5 – Distribuição em percentagem da produção brasileira de óleo vegetal em função das oleaginosas no Brasil em 2005. ....	36
Tabela 6 – Número de postos de trabalho gerados nas propostas de modelos .....	54
Tabela 7 – Custos de produção de óleo vegetal nos três modelos.....	57
Tabela 8 – Indicadores para os modelos 1, 2 e 3 .....	59
Tabela 9 – Representação esquemática da concentração de torta, número de associações e concentração de recursos por unidade individual de produção para os Modelos propostos .....	66

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Preços médios anuais da saca de mamona 60 kg, pagos ao produtor, entre os anos de 1990 e 2006, deflacionados pelo IGP-DI dezembro de 2005. ....	9
Figura 2 – Cadeia produtiva do biodiesel.....	12
Figura 3 – Mapa do Semi-árido Brasileiro.....	14
Figura 4 – Fluxograma do processo de produção (extração mista) do óleo clarificado de mamona.....	26
Figura 5 – Histórico de produção de biodiesel na União Européia nos anos de 1993 a 2005 (em bilhões de litros).....	32
Figura 6 – Histórico de produção e capacidade de processamento industrial de biodiesel nos Estados Unidos, no período de 2000 a 2005 (em milhões de galões). ....	33
Figura 7 – Estimativa de demanda de biodiesel no Brasil no período de 2006 a 2015.....	34
Figura 8 – Distribuição da produção de óleos vegetais no mundo a partir de oleaginosas no mundo (em milhões de toneladas – safra 2005/2006). ....	35
Figura 9 – Área plantada por oleaginosas no mundo (em milhões de hectares – safra 2005/2006). ....	35
Figura 10 – Distribuição das 18 unidades de produção de óleo vegetal na região produtora, para o Modelo 1.....	45
Figura 11 – Disposição das unidades de extração mecânica de mamona e transesterificação de biodiesel, com seus respectivos raios de captação de matéria-prima.....	47
Figura 12 – Disposição da unidade de extração mista de óleo e a usina de transesterificação de biodiesel, com o respectivo raio de captação de matéria-prima.....	48
Figura 13 – Estrutura do software BioSoft. ....	51

Figura 14 – Distribuição dos custos de produção envolvidos no Modelo 1..	55
Figura 15 – Distribuição dos custos de produção envolvidos no Modelo 2..	56
Figura 16 – Composição dos custos de produção envolvidos no Modelo 3.	56
Figura 17 – Gráfico do Ponto de Equilíbrio para o Modelo 1 proposto. ....	58
Figura 18 – Gráfico do Ponto de Equilíbrio para o Modelo 2 proposto. ....	58
Figura 19 – Gráfico do Ponto de Equilíbrio para o Modelo 3 proposto. ....	59
Figura 20 – Análise de sensibilidade para o Modelo 1.....	61
Figura 21 – Análise de sensibilidade para o Modelo 2.....	61
Figura 22 – Análise de sensibilidade para o Modelo 3.....	62
Figura 23 – Efeito da variação no preço da mamona sobre a TIR da indústria e sobre a renda mensal das famílias no Modelo 1.....	63
Figura 24 – Efeito da variação no preço da mamona sobre a TIR da indústria e sobre a renda mensal das famílias no Modelo 2.....	64
Figura 25 – Efeito da variação no preço da mamona sobre a TIR da indústria e sobre a renda mensal das famílias no Modelo 3.....	64

## RESUMO

SARTORI, Marco Antonio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2007. **Análise de cenários de extração de óleo vegetal para produção de biodiesel na região do Norte de Minas Gerais.** Orientador: Ronaldo Perez. Co-Orientadores: Aziz Galvão da Silva Júnior e Marco Túlio Coelho Silva.

A iniciativa brasileira de produzir biodiesel, a partir de óleos vegetais, introduz na matriz energética brasileira uma fonte alternativa de energia ainda pouco explorada e que substitui derivados de petróleo. No entanto, buscando a inserção da agricultura familiar na cadeia produtiva do biodiesel, o Governo Federal lançou o Selo Combustível Social, como um conjunto de medidas específicas, visando estimular a inclusão social da agricultura familiar por meio da geração de empregos e renda no campo. Diferentes oleaginosas têm se destacado como matérias-primas para a produção de biodiesel no Brasil, devendo ser priorizadas aquelas que venham a gerar maior emprego de mão-de-obra na agricultura familiar e que incluam regiões à margem do processo de desenvolvimento econômico. Assim, ressalta-se a importância de estudos que permitam oferecer dados confiáveis para avaliação da viabilidade de implantação de unidades de extração de óleo vegetal, que depende de fatores locais, investimento inicial, custos de manutenção e operação, montantes de venda (economias de escala), qualidade e facilidade de obtenção das matérias-primas e de normas da legislação atual. Neste trabalho, apresenta-se uma análise econômica de três diferentes escalas de produção de óleo vegetal de mamona vinculada à Agricultura Familiar na região do semi-árido mineiro. Mediante a importância social deste tipo de empreendimento, assim como a necessidade de uma proposta que apresente maior viabilidade para pequenos produtores de

mamona, consideraram-se três sugestões de modelos a serem avaliados. Na construção dos modelos, considerou-se a demanda exigida por uma unidade de produção de biodiesel da Petrobrás, a ser instalada em Montes Claros – MG, que demandará diariamente um total de 50 mil litros de óleo vegetal, quando estiver operando com capacidade máxima. O estudo inicia-se com a escolha de tecnologias de pequena escala para extração de óleo vegetal, adequadas à agricultura familiar; avança na escolha de fornecedores e definição de coeficientes técnicos de processo; detalha os custos de produção envolvidos; e analisa os indicadores econômicos de viabilidade, a partir do uso do BioSoft (Sistema de apoio à decisão para a implantação de unidades de produção de biodiesel). Para a realização dos estudos de escalas de processamento, considera-se a avaliação de cenário, a partir de três modelos, em que são consideradas as tecnologias de extração por prensagem e extração por solvente. Os modelos 1 e 2 foram desenvolvidos, buscando-se a descentralização das unidades de extração mecânica com a utilização de pequenas prensas dispersas na região produtora de mamona. O Modelo 3 envolveu uma unidade de extração por solvente centralizada. Nas análises priorizaram-se os cálculos de rentabilidade e a necessidade de mão-de-obra, com todos os modelos apresentando viabilidade econômico-financeira, embora com valores diferentes de investimentos e indicadores. A partir dos resultados encontrados e analisados, verifica-se que a unidade com extração por solvente (Modelo 3) apresenta indicadores econômicos mais satisfatórios e menor custo unitário de produção. No entanto, devido à centralização das atividades operacionais, exige maior concentração de recursos financeiros e produtivos, o que dificulta a obtenção de financiamento e prejudica o gerenciamento das atividades.

## ABSTRACT

SARTORI, Marco Antonio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2007. **Analyzing the sceneries of the vegetal oil extraction for biofuel production on Northern Minas Gerais.** Adviser: Ronaldo Perez. Co-Advisers: Aziz Galvão da Silva Júnior and Marco Túlio Coelho Silva.

The Brazilian initiative to producing biodiesel from vegetal oils introduces into Brazilian energetic conjunct an alternative energy source, that has been insufficiently explored in spite of been a substitute for petroleum derivatives. However, looking for inserting the family agriculture into productive biodiesel chain, the Federal Government emitted the “Selo Combustível Social” as a conjunct of specific measures in order to stimulating social inclusion of the family agriculture by generating employments and income in the field. So, the discussions on raw materials for Brazilian biodiesel production have been prioritizing the oleaginous plants that would generate more employment for the family agriculture, besides including those regions that remain at the margin of the economical development process. In this context, the studies providing reliable data for evaluation of the viability to implanting the vegetal oil extracting units are very important, considering that this viability depends from several variables, such as: locational factors, initial investment, both maintenance and operational costs, sale volumes, economy of scale, quality and easiness to obtaining the raw materials, and the actual legislation norms. This study presents an economical analysis on three different production scales of the vegetal oil from the castor bean explored by the family agriculture in the semi-arid region (Minas Gerais State). Taking into account the social importance of this enterprise and the need for a proposal presenting higher viability for the small producers of castor-oil plant, three model suggestions were evaluated. The

construction of the models were performed, by considering the demand required by a biodiesel production unit pertaining to Petrobrás, that will be set up in Montes Claros county-MG and will daily demand a total of 50 thousand liters of vegetable oil, when operating at its maximum capacity. The study began by choosing the small-sized technologies for the extraction of vegetal oil, that would be appropriate to family agriculture. Following, the suppliers are chosen, the technical coefficients of the process are defined, the involved production costs are detailed. Then, economical viability indicators are analyzed by the Biosoft program (Decision supporting system for implantation of the biofuel production units). For studying the processing scales, the evaluation of the sceneries is considered by using three models, which take into account the technologies for both pressing and solvent extractions. Models 1 and 2 were developed, by searching the decentralization of the mechanical extraction units with the utilization of some small press spread in the castor-oil plant producing region. The Model 3, however, involved one centralized unit for solvent extraction. When analyzing, the profit performance and labor need were given priority and all models showed financial-economical viability, although provided with different values for investments and indicators. Based on the results, it is verified the solvent-extracting unit (Model 3) shows more satisfactory economical indexes and lower unit cost of production. Due to centralization of the operational activities, however, it requires higher concentration of both productive and financial resources, which makes difficult the obtainment of financing and activity management.

## 1. INTRODUÇÃO

Temas relacionados aos recursos naturais do Planeta e as desigualdades sociais têm-se destacado em discussões mundiais, envolvendo uma conseqüente necessidade de associar esforços governamentais, sociais e acadêmicos no intuito de viabilizar alternativas para o desenvolvimento sustentável. A proposta de desenvolvimento sustentável prioriza a vida e a manutenção da sustentabilidade, quando relaciona o meio ambiente, a sociedade e as necessidades econômicas das nações.

Atualmente, um dos recursos naturais mais utilizados para a obtenção de energia atualmente é o petróleo e seus derivados, que se tornaram matéria-prima para diversas indústrias, sendo considerados de extrema importância para o desenvolvimento das nações. Entretanto, é considerado uma fonte “suja”, que produz resíduos poluentes à base de enxofre e gás carbônico, o principal gás causador do efeito estufa.

Visando à substituição de combustíveis derivados do petróleo, têm sido utilizados combustíveis à base de cana-de-açúcar e óleos vegetais, sendo estes denominados combustíveis renováveis ou biocombustíveis. Atualmente, o biodiesel destaca-se no Brasil, em função da sua recente introdução na matriz energética brasileira.

No Brasil, juntamente com o álcool, o biodiesel se apresenta como uma das principais experiências relativas a combustíveis alternativos. O "diesel natural", como também é chamado, é considerado um combustível de queima limpa, podendo ser usado para alimentar motores de combustão (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2003).

Os óleos vegetais provenientes de plantas, que naturalmente aproveitam energia solar, constituem a fonte renovável mais promissora para obtenção de combustíveis líquidos e lubrificantes. Além de seu alto poder calorífico e elevada viscosidade, os óleos vegetais detêm qualidades comumente não encontradas em outras formas alternativas de combustíveis e lubrificantes, como a ausência de enxofre na mistura de glicerídeos, cuja produção industrial não gera substâncias danosas ao meio ambiente (BRASIL, 1985).

O crescimento dos vegetais necessários à produção de lubrificantes e combustíveis restabelece o oxigênio do ar e evita a erosão do solo. Se os óleos vegetais forem bem administrados no sentido da reposição da biomassa, não haverá acréscimo de dióxido de carbono, em contraste com os combustíveis fósseis (COELHO, 1982).

É um combustível de forte apelo ambiental devido sua capacidade de reduzir a emissão de poluentes e fechar o ciclo do gás carbônico, pois o CO<sub>2</sub> liberado na combustão do biodiesel é capturado pelas plantas oleaginosas, gerando nova biomassa. Para o Brasil, o biodiesel possui tanto vantagens econômicas, relacionadas à substituição de importações de petróleo e derivados, quanto sociais na geração de empregos e fixação do homem no campo, em razão da necessidade de mão-de-obra para o cultivo das oleaginosas empregadas na produção do combustível (OLIVEIRA & COSTA, 2002).

No desenvolvimento de projetos de produção e comercialização do biodiesel, no Brasil, alguns fatores devem ser considerados, como: a produção e oferta de matéria-prima (oleaginosas), tanto com relação à quantidade necessária quanto à possibilidade de uso de espécies regionais; o desenvolvimento de mercados para os subprodutos (ou derivados) do processo; as resoluções quanto à emissão de poluentes; e a redução na dependência de petróleo e derivados. Ainda existe a possibilidade de exportação de créditos de carbono, conforme o Protocolo de Kyoto (Efeito Estufa), com conseqüente reserva do fluxo de capitais no setor de combustível para motores ciclo diesel (IVIG, 2005).

De acordo com dados da Agência Nacional do Petróleo (ANP), no Brasil, em 2005, as vendas pelas distribuidoras de óleo diesel atingiram aproximadamente 39,2 bilhões de litros, o que implica um mercado potencial de quase 0,8 bilhões de litros de biodiesel, por ano, considerando-se a adição de 2% ao diesel. No período de 2008 a 2012, estes 2% tornar-se-ão obrigatórios, sendo que, com o provável crescimento da demanda nesse período, haverá uma demanda de 1 bilhão de litros de biodiesel por ano, aproximadamente. A partir de 2013, a adição de 5% de biodiesel ao diesel será obrigatória, o que significa um mercado de aproximadamente 2 bilhões de litros anuais.

Conseqüentemente, haverá um aumento na demanda de mercado por óleos vegetais, implicando uma possível necessidade de aumento na produção. No Brasil, de janeiro a dezembro de 2004 foram produzidos 6,24 bilhões de litros de óleo vegetal, sendo 89,2 % deste óleo derivado da soja (Oil World Annual, 2005).

No País, as discussões têm priorizado as oleaginosas que venham a gerar maior emprego de mão-de-obra e que possam incluir regiões que estão à margem do processo de desenvolvimento econômico (AMORIM, 2005).

Desta forma, no desenvolvimento da cadeia produtiva do biodiesel, busca-se a inserção da agricultura familiar na base da cadeia, ou seja, na produção de oleaginosas. No entanto, ainda existe a proposta de promover a agregação de valor às oleaginosas produzidas, através da extração de seus óleos vegetais, podendo a agricultura familiar se inserir também neste elo da cadeia. O óleo poderá ser repassado às indústrias produtoras de biodiesel. Para que isto ocorra, há necessidade de uma melhor organização da cadeia produtiva, o que requer estudos de alternativas, que favoreçam a definição de políticas de inserção da agricultura familiar neste processo. Assim, usando a mão-de-obra familiar e outros insumos existentes na propriedade, os agricultores poderão se organizar em associações e cooperativas para a produção e comercialização de óleo vegetal.

Portanto, no desenvolvimento da cadeia agroindustrial do biodiesel a partir do óleo vegetal, há necessidade de planejamento e busca de soluções,

que ofereçam respostas a todas as questões, que condicionam e influenciam os fatores de produção, neste caso, relacionadas à inserção da agricultura familiar na produção de óleos vegetais. Entre outros, destacam-se os fatores locacionais, a necessidade de investimento inicial, os custos de manutenção e operação, montantes de venda (economias de escala), qualidade e facilidade de obtenção das matérias-primas e legislação atual, como fatores que podem influenciar a viabilidade de um empreendimento.

Desta forma, ressalta-se a importância de estudos, que forneçam dados confiáveis para avaliação da viabilidade de implantação de unidades de extração de óleo vegetal. Para o sucesso de investimentos em bens de produção, são necessários amplos estudos visando oferecer, ao potencial investidor, neste caso, integrantes da agricultura familiar, uma margem de confiança para tomada de decisão.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo fornecer subsídios à formulação de estratégias e políticas para implantação de usinas de extração de óleo vegetal, vinculadas à agricultura familiar na região do semi-árido mineiro.

### **2.2. Objetivos específicos**

Os objetivos específicos podem ser seqüenciados em:

- Avaliar a viabilidade financeira da implantação de unidades de extração de óleo vegetal, para três modelos alternativos, visando a produção de 50/60 toneladas por dia de óleo vegetal, com potencial de utilização na produção de biodiesel;
- Calcular indicadores, que permitam uma análise de impacto social.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. A produção de mamona no Brasil

O Brasil já ocupou a primeira colocação em produção de mamona, tendo sido ultrapassado pela Índia no período de 1981 – 1985 e pela China no período de 1990 – 1993. A ausência de pesquisas relacionadas ao melhoramento da espécie, o baixo nível tecnológico dos agricultores, que geralmente são pequenos e médios, associado ao esquema de comercialização, com a presença de vários intermediários até a industrialização, penalizando o produtor, contribuem para o estagnação da atividade com conseqüente inibição do aumento na produção.

Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial, tendo à sua frente a Índia e China. Apesar da expressiva diferença na quantidade produzida, estes países produzem juntos, mais de 90% da produção mundial. Os dados da produção mundial de mamona e as participações dos três maiores produtores são apresentados nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 – Produção mundial de mamona e participação dos principais países produtores (em milhares de toneladas / ano)

País/Ano	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Brasil	16,68	33,36	100,73	99,94	170,90	83,68	127,81	176,74
China	230,00	250,00	300,00	260,00	265,00	258,00	250,00	268,00
India	840,30	765,10	882,80	652,70	428,00	804,00	853,00	870,00
Mundo	1.178,08	1.123,84	1.359,80	1.092,50	937,75	1.224,40	1.308,75	1.393,81

Fonte: FAO, 2006.

Tabela 2 – Participação dos principais produtores de mamona na produção mundial

País/Ano	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Brasil (%)	1,42	2,97	7,41	9,15	18,22	6,83	9,77	12,68
China (%)	19,52	22,25	22,06	23,80	28,26	21,07	19,10	19,23
Índia (%)	71,33	68,08	64,92	59,74	45,64	65,66	65,18	62,42
Total (%)	92,27	93,29	94,39	92,69	92,12	93,57	94,04	94,33

Fonte: FAO, 2006.

Apesar de outros estados produzirem mamona, o maior produtor nacional é o Estado da Bahia, responsável por maior parte da produção. Os dados relacionados à produção de mamona nos Estados brasileiros são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Distribuição da produção brasileira de mamona entre os Estados brasileiros

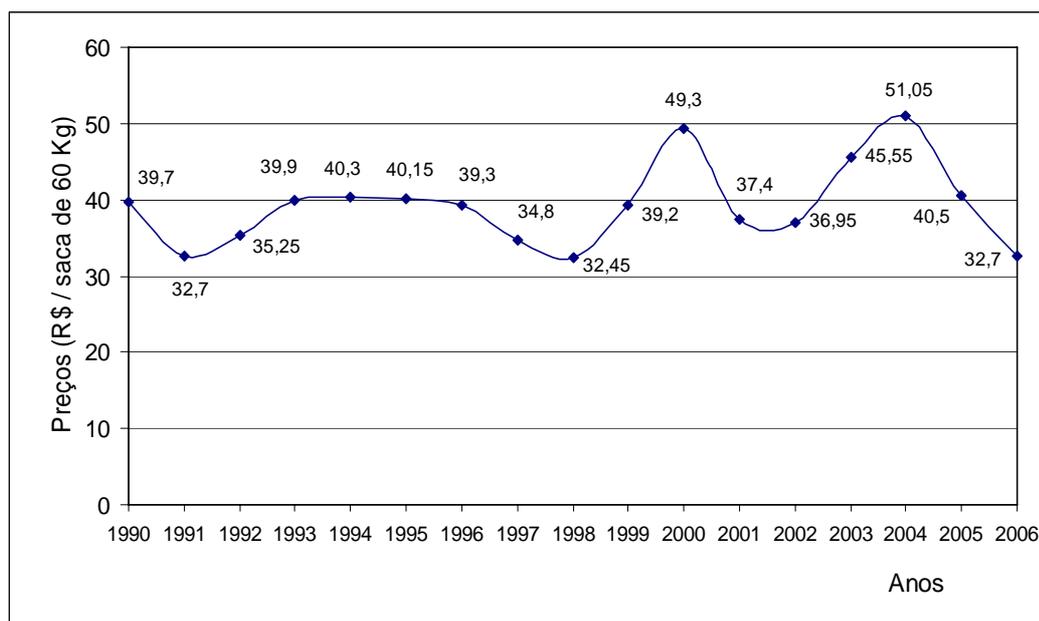
Estados	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
PI	4.759	6.672	5.094	1.488	1.565	722	103	103	47	69	488	85	86	111	2.060	5.175
CE	5.657	11.242	1.854	284	3.575	3.184	989	544	363	401	2.245	1.428	1.648	1.638	7.358	9.765
RN	200	100	-	-	-	-	62	-	-	-	-	-	-	-	769	1.022
PB	133	314	228	-	64	68	5	33	4	2	3.525	3	6	62	617	1.499
PE	12.320	8.111	3.387	22	3.722	3.736	2.950	3.355	188	302	673	361	319	234	1.733	4.270
AL	12	4	4	4	4	4	3	3	3	12	2	-	-	-	-	30
BA	100.347	84.986	78.978	34.002	41.495	21.803	35.396	89.737	12.540	27.322	83.953	71.491	64.957	73.624	114.125	132.324
MG	2.065	555	446	742	559	349	94	76	215	1.612	9.201	3.009	971	1.281	1.670	5.865
SP	16.521	12.952	10.100	4.480	2.150	880	1.350	1.100	783	1.280	4.150	3.700	1.760	1.050	860	3.070
PR	5.809	4.513	1.953	1.227	367	37	50	17	5	49	975	1.088	380	434	1.049	1.064
RS	-	-	-	-	-	-	36	17	14	15	17	17	19	20	-	63
MS	48	177	36	939	538	342	255	-	-	-	142	30	107	40	646	978
MT	100	52	40	-	-	2.024	53	660	667	2.248	10.376	18.738	5.708	5.188	7.858	2.714
GO	-	-	-	-	-	-	-	1.800	1.818	-	270	-	-	-	-	220

Fonte: IBGE 2006.

Após o incentivo do governo federal para produção de biodiesel, a mamoneira ganhou destaque, principalmente, nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste do Brasil. Nas regiões Sudeste e Sul, para garantir a competitividade com outras culturas concorrentes, torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas, que facilitem a mecanização e o desenvolvimento de variedades mais rentáveis (MDA, 2005).

Na comercialização da mamona, há atuação de atravessadores, que promovem a diminuição da rentabilidade dos agricultores. Ao buscar a mamona na região produtora e transporta-la para empresas processadoras, principalmente em São Paulo e na própria Bahia, esses atravessadores detêm uma parte do lucro que poderia ser dos produtores.

No Brasil, os preços pagos ao produtor têm oscilado muito nos últimos anos, causando desconfiança por parte dos produtores. Os valores com as oscilações de preços são apresentados no Figura 1.



Fonte dos dados: IpeaData, 2006.

Figura 1 – Preços médios anuais da saca de mamona 60 kg, pagos ao produtor, entre os anos de 1990 e 2006, deflacionados pelo IGP-DI dezembro de 2005.

A Tabela 4 apresenta os preços nominais pagos aos produtores de mamona na microrregião de Irecê – BA, entre janeiro de 2002 e dezembro de 2006. Irecê é uma das principais regiões produtoras de mamona no Brasil.

Tabela 4 – Preços nominais (saca de 60 Kg) pagos aos produtores de mamona na microrregião de Irecê – BA, no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2006

Ano/Mê	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2002	27,4	26,7	27,2	28,7	32,0	32,0	31,4	33,6	35,0	39,1	40,1	41,8
2003	44,9	51,3	51,5	51,8	56,7	58,1	53,3	53,0	43,6	50,1	52,6	58,2
2004	63,5	64,0	73,1	71,6	61,8	50,0	50,6	55,0	60,5	61,0	56,5	49,4
2005	48,0	40,5	39,0	38,2	35,0	33,0	31,4	28,2	25,9	25,3	25,6	24,7
2006	26,6	33,0	30,8	29,0	29,0	29,3	30,3	34,5	36,4	37,0	37,8	38,7

Fonte: SEAGRI, 2006.

### 3.2. A cadeia de produção da mamona e características do óleo

Sob o enfoque de descrição técnico-econômica, Batalha (2001) descreve a cadeia agroindustrial como um conjunto de operações técnicas de produção e comercialização, relacionadas à transformação da matéria-prima em produto e sua distribuição até o destino final. Este processo deve ser muito bem estruturado, de forma a garantir a sustentabilidade.

Assim, segundo Batalha (2001), uma cadeia de produção agroindustrial pode ser segmentada, de jusante a montante, em três macrosssegmentos, apresentados a seguir:

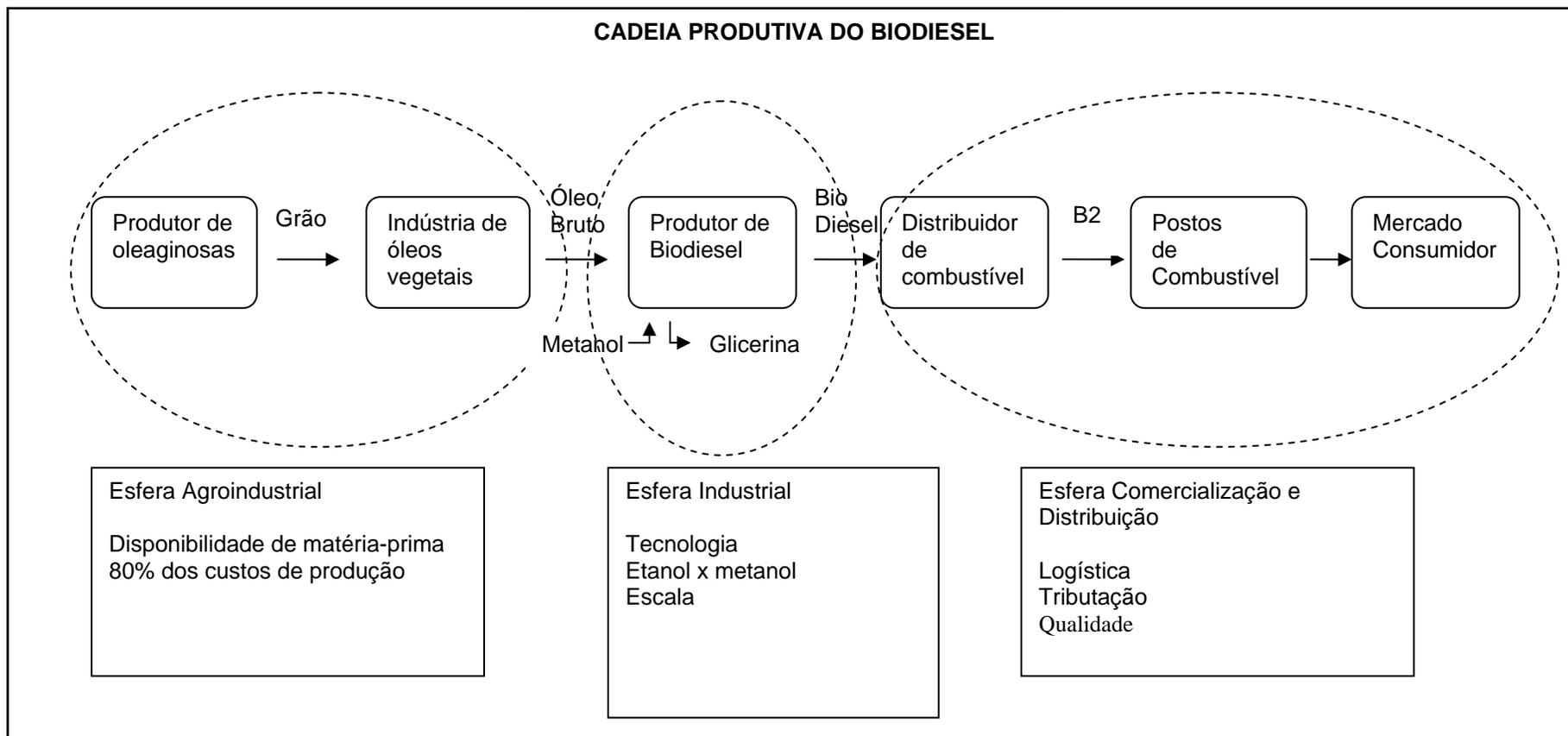
- Produção de matéria-prima – reúne as firmas que fornecem as matérias-primas iniciais, para que outras empresas avancem no processo de produção do produto final (agricultura, pecuária, piscicultura etc.).
- Industrialização – representa as firmas responsáveis pela transformação das matérias-primas em produtos finais, destinados ao consumidor.

- Comercialização – representa as empresas que estão em contato com o cliente final da cadeia de produção e que viabilizam o consumo e o comércio dos produtos finais.

Neste contexto, ainda se destacam alguns importantes elos das cadeias, relacionados, por exemplo, aos insumos e agentes externos (como bancos e entidades financeiras).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia, a expectativa é de que cerca de 50% da produção de biodiesel no Brasil seja a partir de óleo de mamona. Segundo Ponchio (2004), apesar de estudos existentes sobre a produção de mamona e seu ciclo de exploração econômica, sua cadeia produtiva ainda não está efetivamente organizada, devido aos volumes de produção oscilantes, ao longo do tempo, acompanhando a oscilação de preços, assim como as flutuações na demanda externa e a inconstante política pública de incentivos. Contudo, esta situação tende a melhorar, pois, a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira garante uma demanda futura, facilitando, assim, a estruturação do agronegócio.

A análise de uma cadeia de produção é importante, devido às decisões políticas, que podem ser tomadas com base nos resultados obtidos, além de decisões dos agentes da própria cadeia no sentido de melhorar a eficiência como um todo e, ainda, servir como base para uma tomada de decisão quanto ao investimento. Portanto, os resultados de uma análise sobre as elos constituintes são úteis para toda a cadeia e servem de base para decisões de todos os agentes nela inseridos. A cadeia de produção do biodiesel é apresentado na Figura 2.



Fonte: Adaptado NAPPO (2005).

Figura 2 – Cadeia produtiva do biodiesel.

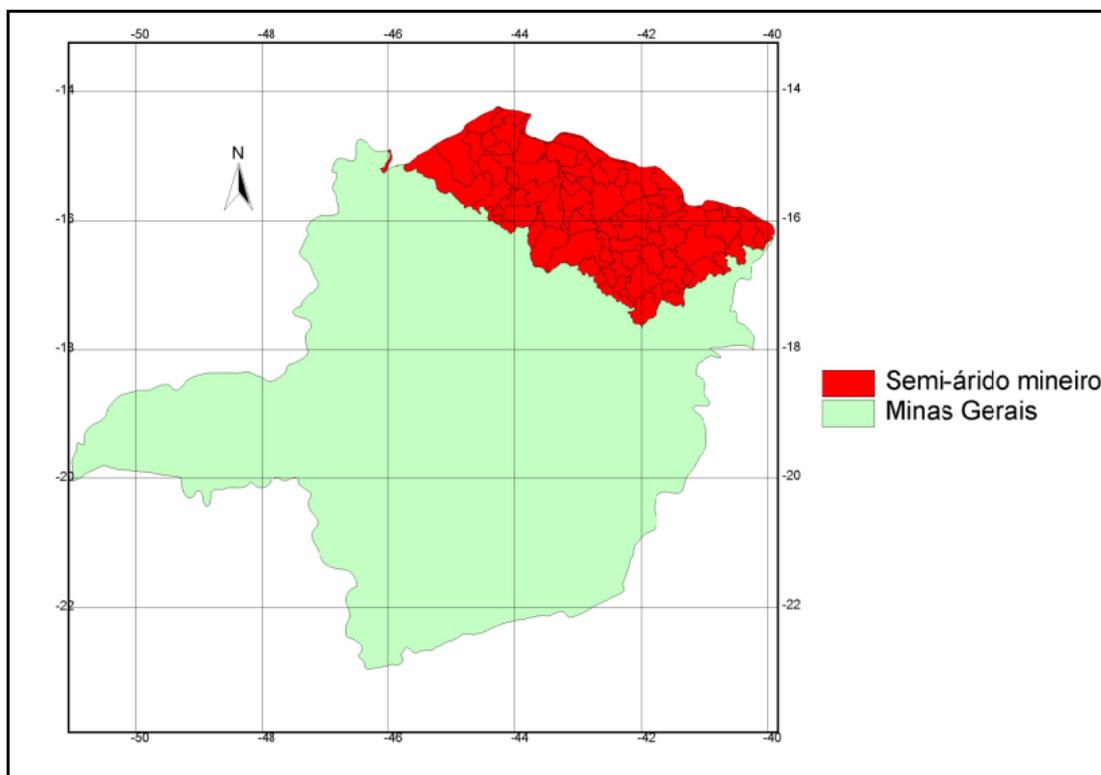
A cadeia agroindustrial do biodiesel de mamona ainda está em fase inicial, saindo da fase de planejamento para a fase de execução dos projetos de investimento. A introdução da agricultura familiar na cadeia de produção do biodiesel favorece ganhos econômicos, no que tange à rentabilidade da implantação das culturas pelos pequenos agricultores, gerando aumento de renda e emprego no meio rural e atividades consorciáveis, sendo este o segmento-alvo do governo federal para a inclusão social. Destaca-se, ainda, a possibilidade de inserção da agricultura familiar no elo da cadeia produtiva, voltado para a transformação das oleaginosas em seus respectivos óleos vegetais, com aproveitamento dos subprodutos.

Em virtude do óleo de mamona substituir os derivados do petróleo e possibilitar a fixação do homem no campo, a mamoneira vem recebendo maior destaque socioeconômico, especialmente nas regiões semi-áridas (GARCIA, 1996). Atualmente, é encontrada em todas as zonas agrícolas brasileiras, em diferentes condições de solo e clima, principalmente na região Nordeste do país, destacando-se o Estado da Bahia como principal produtor (GARCIA, 1996). De acordo com Beltrão et al. (2004), a cultura de mamona tende a tornar-se muito importante para a região Norte de Minas Gerais, pois, o óleo de mamona pode ser uma das matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel. Devido sua capacidade produtiva no Semi-Árido Brasileiro<sup>1</sup>, e constituindo alternativa para o estabelecimento da agricultura familiar, a mamona foi considerada como o carro-chefe na fase inicial do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, em sua vertente social. A região Norte do Estado de Minas Gerais encontra-se, plenamente, apta ao cultivo da mamona (*Ricinus communis L.*), com base nos seguintes fatores: precipitação pluvial anual superior a 500 mm; temperatura média anual entre 20 a 30°C, sendo o ideal em torno de 23°C; e altitude de pelo menos 300 metros.

---

<sup>1</sup> O Semi-Árido Brasileiro se estende por uma área que abrange a maior parte de todos os Estados da Região Nordeste (86,48%), a região setentrional do Estado de Minas Gerais (11,01%) e o norte do Espírito Santo (2,51%), ocupando uma área total de 974.752 km<sup>2</sup>.

A cultura da mamona baseia-se em lavouras de sequeiro, isto é, sem irrigação. Desta forma, a possibilidade de cultivo da mamoeira se apresenta viável para esta região de semi-árido, pois a cultura pode conviver com o regime pluviométrico desta região (TECBIO, 2005). O mapa da região do Semi-árido Brasileiro e apresentado na Figura 3.



Fonte: Minas Gerais - Geominas,(1996); elaborado pelo autor.  
Figura 3 – Mapa do Semi-árido Brasileiro.

A grande e forte motivação para programas de biodiesel na região Norte do Estado de Minas Gerais reside na possibilidade de erradicar, ou minorar a miséria do campo através da ocupação, com renda digna, em assentamentos familiares. Assim, o mercado energético poderá constituir a sustentação de um programa de assentamento familiar com foco na cultura da mamona.

O biodiesel é visto, pelo Governo brasileiro, como uma opção social e ambientalmente correta para a economia de divisas e geração de renda. Com expressivas áreas agricultáveis não utilizadas, o Brasil, além da auto-suficiência em alimentos, pode explorar também a energia de origem vegetal. Para atender o percentual de mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo, estima-se a necessidade de uma área plantada de 1,5 milhões

de hectares, o que equivale a 1% dos 150 milhões de hectares plantados e disponíveis para agricultura no Brasil (CADERNOS NAE, nº 2, 2004).

Da industrialização da mamona obtém-se, como produto principal, o óleo e, como subproduto, a torta, que possui, enquanto fertilizante, a capacidade de restauração de terras esgotadas. Apesar de seu alto teor de proteínas (32 a 40%), por ser produto tóxico, não se presta à alimentação animal. Entretanto, é comum encontrar informações na literatura, segundo as quais esta torta pode ser usada na composição de ração animal, quando desintoxicada. No entanto, o processo de desintoxicação é bastante complexo e, muitas vezes, caro, fazendo com que as usinas de óleo optem por vender a torta, apenas, como fertilizante (SANTOS & BARROS, 2003).

Coelho (1979) afirma que de cada 100 kg de mamona em bagas, em geral obtém-se 45 kg de óleo e 50 kg de farelo e torta; do óleo, 36 kg são do tipo 1 (melhor qualidade), obtido por prensagem que, geralmente, é hidráulica, enquanto 9 kg são do tipo 3 (qualidade inferior), obtidos por extração com solvente químico.

Na extração a frio, obtém-se um óleo incolor e inodoro, enquanto na extração a quente este tem cheiro escuro e desagradável e cor amarelo-escuro. Nas prensagens a frio e a quente, obtém-se 36 e 38 % de óleo, respectivamente, além de um subproduto, a torta, com 8 % de óleo. O óleo de mamona pode ser separado em dois tipos: o óleo tipo 1 padrão e o óleo tipo 3 comercial. O óleo tipo 1 padrão é límpido e brilhante, tendo no máximo, 1 % de acidez e 0,5 % de umidade e impureza, sendo obtido pela prensagem da baga de mamona. O óleo do tipo 3 comercial, com o máximo de 3 % de acidez e 1 % de umidade e impureza, é obtido por meio de prensagem e extração por solvente. O resíduo resultante é denominado farelo e contém cerca de 0,8 % de óleo (BRASIL, 1985).

### **3.3. A questão do óleo de mamona para fins energéticos**

A necessidade de substituição de energias poluentes por energias renováveis no mundo tem incentivado a produção de plantas, por meio das quais possa ocorrer esta substituição. Entre essas plantas está a mamona que, além de ser uma das matérias-primas para produção do biodiesel, tem diversas outras utilidades.

A partir de 2003 o Governo Federal brasileiro tem-se mobilizado acerca das possibilidades e potencialidades da produção de biodiesel a partir de óleos vegetais, lançando o marco regulatório, em 6 de dezembro de 2004, do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, PNPB (MME, 2004). Em 13 de janeiro de 2005, foi sancionada a Lei nº 11.097, que introduziu o biodiesel na matriz energética nacional, fixando um percentual mínimo de 2 % em volume, para adição no diesel comercializado ao consumidor final, até 2008 e de 5 % até 2013 (LEI n.º 11.097, 2005).

O Decreto n.º 5.297, de 6 de dezembro de 2004, promoveu uma série de reduções tributárias federais até 100 %, no caso de produção de biodiesel nas regiões Norte, Nordeste e do semi-árido brasileiro, a partir da matéria-prima mamona ou palma adquiridas de agricultores familiares, enquadrados no PRONAF – Programa Nacional da Agricultura Familiar, concedendo, assim, o selo “Combustível Social” aos produtores de biodiesel (DECRETO n.º 5.297, 2004); tendo como objetivo criar uma cadeia de produção de biodiesel, na qual a agricultura familiar esteja incluída.

Notadamente, é louvável a iniciativa brasileira de inserção da agricultura familiar na cadeia produtiva do biodiesel, o que, além da geração de empregos e renda no campo, busca a integração à matriz energética brasileira de uma fonte alternativa de energia ainda pouco explorada e que substitui os combustíveis derivados de petróleo.

No entanto, quando se utiliza a mamona como matéria-prima, o óleo produzido possui inúmeras aplicações. Ele pode ser usado na fabricação de tintas e isolantes, serve como lubrificante na aeronáutica, como base na manufatura de cosméticos e de muitos tipos de drogas farmacêuticas. O óleo de mamona também é empregado em vários processos industriais,

como a fabricação de corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas, óleos lubrificantes de baixa temperatura, colas e aderentes, base para fungicidas e inseticidas, tintas de impressão e vernizes, além de nylon e matéria plástica. Além disso, é um óleo bastante estável em variadas condições de pressão e temperatura.

Desta forma, além da utilização do óleo para fins energéticos, a mamona poderá ser considerada a alternativa de produção de óleo para usos não energéticos. Pelo menos inicialmente, a comercialização do óleo de mamona mostra-se mais rentável dessa maneira, já que sua utilização vem movimentando, cada vez mais, diferentes segmentos industriais. Além da cotação mais elevada do óleo de mamona, em relação a outros óleos vegetais, há uma evolução da ricinoquímica, sendo que uma ampla gama de produtos industriais é obtida a partir do óleo de mamona, o que deve aumentar o interesse dos produtores, exportadores e indústrias.

Em se tratando da produção de biodiesel, mesmo havendo a obrigatoriedade de participação da agricultura familiar, as prováveis diferenças no custo do óleo vegetal de mamona e de outras oleaginosas, certamente, serão relevantes, pois, neste tipo de indústria, a matéria-prima é responsável pela maioria dos custos de produção.

Portanto, neste estudo, como preços de óleo vegetal de mamona, foram considerados aqueles praticados no mercado. No entanto, a motivação para venda do óleo proveniente da agricultura familiar para a produção de biodiesel está no fato da inserção de agricultores que não possuem condições de acessar este mercado, pois o mesmo está ocupado por grandes empresas.

Assim o biodiesel pode garantir a inserção social da agricultura familiar, envolvida com a produção de oleaginosas, através da utilização do óleo vegetal como matéria-prima principal. Trata-se de um combustível com demanda crescente, em função do aumento na alíquota adicional ao diesel nos próximos anos e com venda garantida, devido à obrigatoriedade, o que diminui bastante as incertezas relacionadas ao mercado.

### **3.4. A agricultura familiar no contexto da produção de biodiesel**

O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel não é restritivo, pois permite a utilização de diversas oleaginosas ou matérias-primas animais. Esta flexibilidade possibilita a participação do agronegócio e da agricultura familiar e o melhor aproveitamento do solo disponível para a agricultura, no País.

A agricultura familiar emprega mais que a empresarial, um dos motivos que levou o governo a priorizar a produção familiar. Na agricultura empresarial, em média, emprega-se 1 trabalhador para cada 100 hectares cultivados, enquanto, na familiar, a relação é de apenas 10 hectares por trabalhador. No caso da mamona, a relação é de 1 agricultor para cada 10 a 15 hectares, somente na produção agrícola (Portal do biodiesel, 2006).

Além disso, o impacto social positivo do investimento na agricultura familiar é grande, pois, cada R\$ 1,00 aplicado na agricultura familiar gera R\$ 2,13 adicionais na renda bruta anual, o que significa que a renda familiar dobraria com a participação no mercado de biodiesel (Portal do biodiesel, 2006).

Os agricultores familiares são definidos, segundo o Manual Operacional do Crédito Rural PRONAF (2002), como sendo os produtores rurais, que atendem aos seguintes requisitos:

- Sejam proprietários, posseiros, arrendatários, parceiros ou concessionários da Reforma Agrária.
- Residam na propriedade ou em local próximo.
- Detenham, sob qualquer forma, no máximo 4 (quatro) módulos fiscais de terra, quantificados conforme a legislação em vigor.
- No mínimo 80% (oitenta por cento) da renda bruta familiar deve ser proveniente da exploração agropecuária ou não agropecuária do estabelecimento.
- A base da exploração do estabelecimento deve ser o trabalho familiar.

O Brasil possui cerca de 4,13 milhões de agricultores familiares, que representam 85,2% dos estabelecimentos rurais do país. Destes, 49,6%

situam-se na região Nordeste, sendo os mais pobres (Portal do biodiesel, 2006).

Os agricultores familiares são responsáveis por, aproximadamente, 40% do valor bruto da produção agropecuária, 80% das ocupações produtivas agropecuárias e parcela significativa dos alimentos que chegam à mesa dos brasileiros, como o feijão (70%), a mandioca (84%), a carne de suínos (58%), de leite (54%), de milho (49%) e de aves e ovos (40%) (PRONAF, 2006).

Um esforço governamental muito importante no apoio a este segmento é o PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar), que faz empréstimos para custeio da produção, além de custear investimentos para os agricultores, com juros abaixo daqueles praticados no mercado.

Para um tratamento diferenciado, a agricultura familiar foi dividida em grupos, que reúnem as mesmas características e norteiam a disponibilização do financiamento pelo PRONAF, conforme apresentado a seguir:

- Grupo A – agricultores familiares assentados da reforma agrária.
- Grupo B – agricultores familiares com renda familiar bruta de até R\$ 2.000,00 por ano, e que tenham, no mínimo, 30% da renda proveniente da propriedade.
- Grupo C – agricultores familiares com renda anual entre R\$ 2.000,00 a R\$ 14.000,00 e que tenham, no mínimo, 60% da renda proveniente da propriedade.
- Grupo A/C – agricultores familiares egressos do grupo A.
- Grupo D – agricultores familiares com renda anual entre R\$ 14.000,00 a R\$ 40.000,00 e que tenham, no mínimo, 70% da renda proveniente da propriedade.
- Grupo E – agricultores familiares com renda anual entre R\$ 40.000,00 a R\$ 60.000,00 e que tenham, no mínimo, 80% da renda proveniente da propriedade.

Quanto ao biodiesel, o Governo Federal lançou uma nova linha de financiamento do PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar: o PRONAF BODIESEL, que permite ao agricultor familiar ter acesso ao empréstimo, para custeio de lavouras destinadas à produção de biodiesel, com juros de 1,00% a 7,25% ao ano, independentemente se o custeio foi feito para outra cultura. É recomendado que as operações, ao amparo do PRONAF para a produção de oleaginosas, estejam vinculadas a um contrato de compra e venda entre o agricultor familiar e o produtor de biodiesel.

O Governo Federal conta, ainda, com outras linhas do PRONAF para fomentar a produção do biodiesel com a participação da agricultura familiar, como o PRONAF AGROINDÚSTRIA, para financiar máquinas e equipamentos para esmagamento e transesterificação, ou o PRONAF INFRAESTRUTURA que é um apoio a arranjos produtivos.

Entre as ações para inclusão social da agricultura familiar, o Ministério do Desenvolvimento Agrário adotou uma série de direcionamentos e medidas para, efetivamente, promover a inserção da agricultura familiar nesta cadeia produtiva, conforme apresentado a seguir:

- Mobilizou as principais representações da agricultura familiar e movimentos sociais do campo em torno do tema. Com isto, hoje a Contag, por exemplo, articulou-se para participar das negociações entre agricultores e empresas, assim como monitorar as ações locais.
- Criou o Pronaf Biodiesel, que possibilita ao agricultor familiar tomar mais um crédito custeio, antes de pagar o anterior, para o plantio de oleaginosas. Assim, o agricultor pode continuar a plantar milho, feijão e plantar também a oleaginosa para biodiesel.
- Modificou uma resolução do Pronaf, possibilitando que o agricultor familiar do microcrédito (agricultor B, maioria no Nordeste) possa pegar o crédito custeio para a mamona, antes não permitido.
- Modificou uma resolução do garantia-safra, a fim de priorizar o agricultor familiar, no semi-árido nordestino, que plantar o feijão em consócio com a mamona. Se houver perda de safra, esse agricultor tem prioridade de obter o

benefício sobre os outros. Como a mamona é resistente à seca, mesmo que ele perca o feijão, ainda terá uma atividade produtiva para lhe garantir renda.

- Negociou com o Banco do Brasil, Banco do Nordeste e Banco da Amazônia para o atendimento às demandas de crédito Pronaf, para custeio e investimento de oleaginosas para biodiesel.
- Aportou mais de 5 milhões em projetos de formação de pólos de produção de matérias-primas para biodiesel, em aprimoramento e disponibilização de novas tecnologias agrícolas para a agricultura familiar e de tecnologias de baixa escala para biodiesel.

Quanto aos financiamentos bancários, o sistema bancário (público e privado) estruturou-se para atender às novas demandas colocadas pelo biodiesel, conforme apresentado a seguir.

- O BNDES lançou um programa de financiamento especial para projetos de biodiesel, com condições de financiamento mais favoráveis para os projetos aderidos ao Selo Combustível Social.
- O Banco do Brasil lançou também sua linha de financiamento para biodiesel. Adicionalmente, atendendo à orientação do Governo Federal de estruturação da cadeia produtiva, o Banco do Brasil está implementando o financiamento da agricultura familiar para o biodiesel, exclusivamente para os agricultores vinculados, por contrato, às empresas de biodiesel, que venderam para a Petrobrás nos leilões;
- O Banco da Amazônia financiou 35 agricultores, em 2005, para o cultivo de dendê no Pará. A empresa detentora do Selo Combustível Social, a Agropalma, complementou o financiamento com o adiantamento de insumos, numa parceria público-privada.

A produção de oleaginosas em lavouras familiares faz com que o biodiesel seja uma alternativa importante para a erradicação da miséria no País, em razão da possibilidade de ocupação de enormes contingentes de pessoas (AMORIM, 2005). Neste contexto, destacam-se regiões como o semi-árido nordestino, com grande potencial para produção de biodiesel de mamona, podendo esta alternativa ser utilizada no sentido de incluir, no

processo, os pequenos agricultores desprovidos de alternativas rentáveis. Na região semi-árida nordestina vivem mais de dois milhões de famílias em péssimas condições de vida (AMORIM, 2005).

Para estimular este processo, o Governo Federal lançou o Selo Combustível Social, um conjunto de medidas específicas visando estimular a inclusão social da agricultura familiar nessa cadeia produtiva. O enquadramento social de projetos ou empresas produtoras de biodiesel permite acesso a melhores condições de financiamento junto ao BNDES e outras instituições financeiras, além do direito de concorrência em leilões de compra de biodiesel. As indústrias produtoras também terão direito à desoneração de alguns tributos, mas deverão garantir a compra da matéria-prima, bem como preços preestabelecidos, oferecendo segurança aos agricultores familiares. Há ainda, a possibilidade de os agricultores familiares participarem, como sócios ou cotistas, das indústrias extratoras de óleo ou de produção de biodiesel, seja de forma direta, seja por meio de associações ou cooperativas de produtores (CADERNOS NAE, nº 2, 2004). Iniciativas desta natureza, se viáveis, poderão ser apoiadas, por exemplo, pelo Pronaf Infraestrutura.

### **3.5. Aspectos relevantes para a extração de óleo vegetal em pequena escala**

No Brasil, devido às transformações nas diversas cadeias produtivas, o desemprego atinge grandes contingentes, chegando à zona rural e intensificando o êxodo rural, contribuindo para o inchaço das áreas urbanas, o que tem diversas implicações, às vezes muito sérias e de difícil solução. Assim, as iniciativas que sirvam como instrumento de sustentação de renda para os pequenos produtores, que utilizam força de trabalho familiar devem ser encorajadas, pois, ao propiciarem condições mínimas necessárias à manutenção destes pequenos produtores no campo, evitam-se agravantes relacionados ao êxodo rural, cujas conseqüências revelam situações

desconfortáveis, principalmente nas grandes cidades brasileiras, transformando as zonas rurais em regiões despovoadas, o que pode trazer, futuramente, problemas no abastecimento interno.

Entre os objetivos do Programa Biodiesel está a inclusão social, pois, o biodiesel utiliza matérias-primas agrícolas, que poderão ser produzidas pela agricultura familiar, havendo, assim, possibilidades de inclusão social por geração de emprego e renda no campo, o que promoverá, conseqüentemente, o desenvolvimento econômico em diferentes regiões, além de vislumbrar saídas para evitar o êxodo rural e as migrações, que rotineiramente ocorrem no país.

Além da produção de oleaginosas, a inserção da agricultura familiar a partir da agregação de renda será possível, com a obtenção do óleo vegetal através da implantação de unidades de extração de óleo. Ainda que não seja a atividade principal, a extração de óleo vegetal possibilitará, ao agricultor, uma renda mínima junto a esta atividade, complementando a renda das famílias envolvidas no processo. Ainda, devido à necessidade constante de mão-de-obra nas unidades, é possível garantir um número mínimo de empregos ao longo do ano, sendo que para ocupar essas vagas, serão priorizados os indivíduos envolvidos com a comunidade, onde acontece a produção em regime de agricultura familiar.

Contudo, eventuais propostas desta natureza requerem: uma análise responsável e adequada sobre os investimentos e custos totais envolvidos; as possibilidades reais de geração de emprego; as disponibilidades de área, mão-de-obra adequada e a necessidade de insumos; a segurança no abastecimento; a capacidade de processamento pela indústria de extração de óleo; integração final aos circuitos de distribuição; e outros fatores necessários, assim como os estudos de viabilidade econômica.

Com os modelos propostos neste trabalho, busca-se o processamento de mamona com a utilização de tecnologia de extração em pequena escala, o que pode ser uma alternativa de agregação de valor à mamona produzida em algumas regiões, como a região do semi-árido mineiro, contribuindo para a melhoria do nível de renda de produtores da

agricultura familiar e, favorecendo ainda, a introdução destes no mercado de energia renovável.

### **3.6. A extração de óleos vegetais**

A diversidade de fontes de oleaginosas implica uma grande variabilidade nos teores de óleo, sendo que a prensagem e extração por solventes são os principais processos, usados para a extração de óleos e gorduras de sementes oleaginosas (WHITE, 1992).

Segundo Tandy (1991), o teor de óleo na torta, durante a extração por prensagem, pode reduzir em até 6 % em grandes prensas mais modernas; entretanto, o valor médio é da ordem de 10 a 12 %. No entanto, na extração por solvente, os equipamentos modernos extraem quase todo o óleo, deixando um teor residual menor que 1 %, na torta. De acordo com esse autor, na extração do óleo de sementes com altos teores de óleo (maiores que 30 %), inicialmente utiliza-se o processo de extração por prensagem para redução do teor de óleo até cerca de 15 %, enquanto a extração por solvente é utilizada para extrair o restante. Em sementes com menor teor de óleo como a soja, que possui cerca de 20 % de óleo, utiliza-se a extração por solvente.

Independente do processo de extração utilizado, o preparo da matéria-prima abrange normalmente, algumas etapas iniciais antes da extração em si, ou seja, a limpeza, decorticação, trituração, laminação e cozimento (TANDY, 1991).

Na extração por prensagem, verifica-se que o rendimento na extração é influenciado pela pressão e tempo de prensagem. Desta forma, um rendimento máximo pode não ser vantajoso, economicamente, devendo-se otimizar as condições de pressão e tempo, conforme os critérios financeiros e operacionais (WAN, 1991).

Nas plantas de extração, normalmente, utiliza-se o processo de extração contínua, sendo encontrados diversos tipos de prensas. Este tipo de equipamento é caracterizado por apresentar um eixo helicoidal, que prensa o material contra as paredes de um cilindro, composto de malhas perfuradas ou barras metálicas. Através de regulação, a pressão máxima pode ser ajustada, propiciando a saída do material prensado (MAFART e BELIARD, 1994).

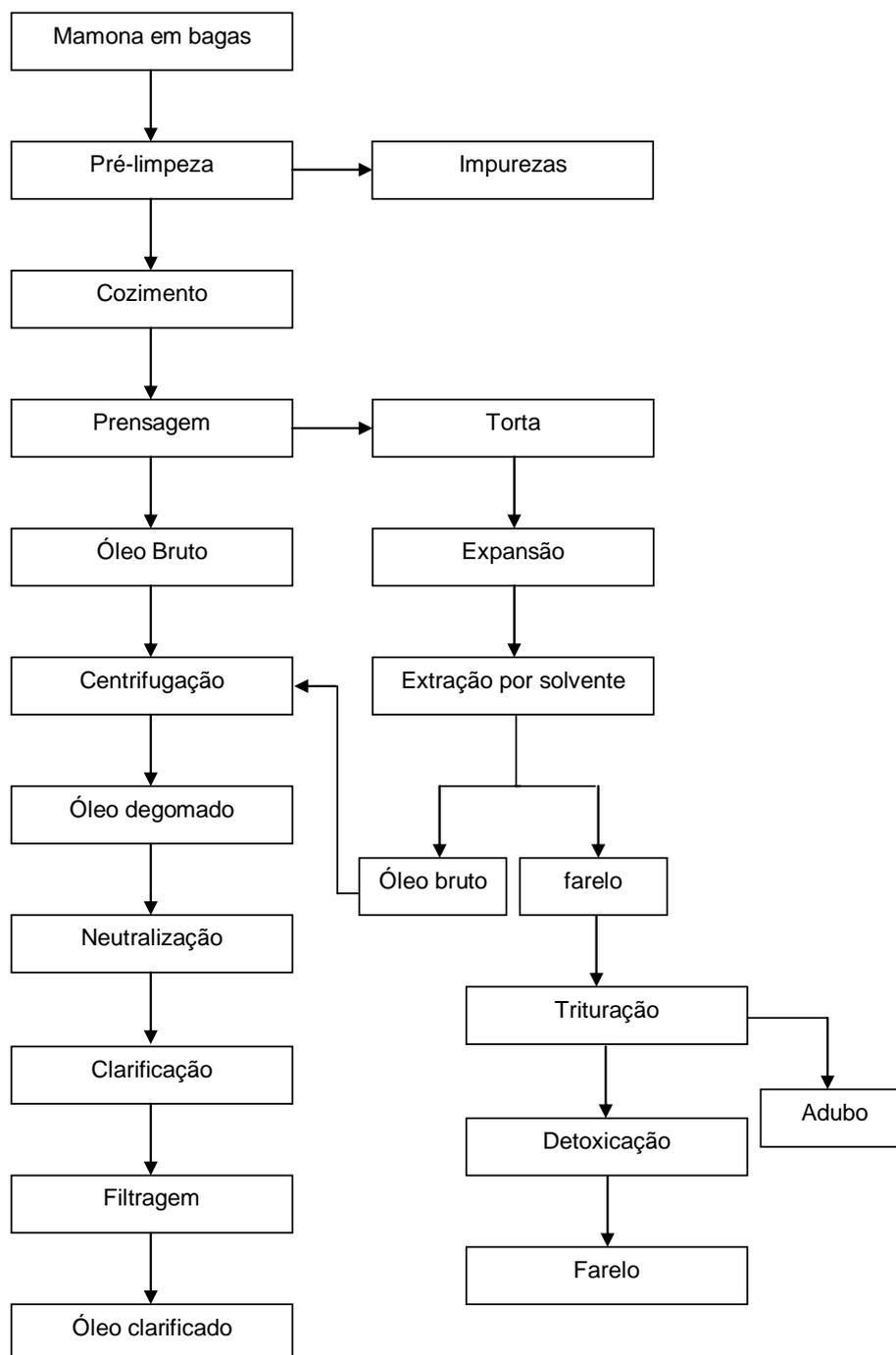
A extração por solvente consiste na adição de um solvente à massa, contendo o óleo a ser extraído. A solução de óleo no solvente é chamada “miscela” e a obtenção do equilíbrio no sistema óleo-miscela-solvente define a velocidade da extração. O processo de difusão é favorecido por alguns fatores, como a espessura dos flocos resultantes da laminação, a temperatura próxima ao ponto de ebulição do solvente, apropriada umidade do material, e outros (LAWSON, 1995).

Segundo King (1997), na busca por um solvente ideal, os seguintes requisitos básicos devem ser observados e cumpridos:

- não ser tóxico às pessoas, não ser inflamável nem explosivo;
- não danificar os equipamentos;
- possuir seletividade, separando o óleo de materiais estranhos ou indesejáveis;
- ser de fácil recuperação, sem deixar odores no óleo ou farelo;
- ser fácil de transportar e armazenar;
- estar disponível no mercado sem variações na composição; e
- ter custo acessível.

Ainda segundo King (1997), há ainda outras características físico-químicas desejáveis em um solvente, como: um ponto de ebulição, que favoreça a eliminação do solvente do óleo e do farelo; viscosidade baixa; não miscibilidade e não solubilização em água; propriedades caloríficas favoráveis à recuperação do solvente; e tensão superficial baixa, entre outras.

Para uma extração completa do óleo de mamona em unidades de produção, normalmente, utiliza-se a extração mista, em que a mamona é prensada inicialmente, sendo a torta submetida à extração por solvente. A Figura 4 apresenta o fluxograma de extração mista (extração por prensagem e por solvente) do óleo clarificado de mamona.



Fonte: EMBRAPA, 2006.

Figura 4 – Fluxograma do processo de produção (extração mista) do óleo clarificado de mamona.

Na Figura 4 são expostas as operações que acontecem durante o processamento da mamona de uma forma bastante clara. Assim, as operações acontecem de modo seqüencial até a obtenção do produto final de interesse.

### **3.7. Estudos de viabilidade econômica e avaliação de escalas de produção**

Segundo Homem (2004), a viabilidade técnico-econômica é reconhecida como o principal fator a ser considerado na tomada de decisão de um investimento, pois, fornece e permite a avaliação de parâmetros determinantes para a implantação e continuidade do projeto no longo prazo. Sua utilização iniciou-se com os estudos da área econômica, conduzidos por vários autores, mas somente nas duas últimas décadas vem sendo aplicada com mais intensidade na gestão agroindustrial.

A concorrência faz com que as empresas busquem a redução de seus custos, aumentem a qualidade e procurem, constantemente o desenvolvimento tecnológico. A forma de atuação dos agentes neste mercado e as relações contratuais, que regem sua interação, também influenciarão o sucesso ou fracasso do modelo, uma vez que influi na competitividade. No longo prazo, o que pode ser viável hoje pode não ser no futuro, quando muitas empresas estiverem atuando no mercado e a competição entre elas diminuir os retornos (AMORIM, 2005).

Ainda segundo Amorim (2005), é de extrema importância um completo conhecimento da lógica organizacional da cadeia, no que se refere às relações entre o ambiente institucional, o ambiente tecnológico, as organizações e os indivíduos para que se escolha a melhor estratégia de atuação. Assim, pode-se estipular o tamanho adequado das empresas, dando-lhe uma capacidade sustentável de sobrevivência e, preferencialmente, crescimento nos mercados concorrentes ou em novos mercados.

Segundo Cosenza (1998), a decisão quanto ao tamanho do projeto está relacionada, diretamente, a diversos fatores como aqueles concernentes à engenharia, localização, mercado e fontes de financiamento, entre outros.

A existência de economia de escala está relacionada a diferentes custos de produção, em função da escala de produção adotada. Em outras palavras, a expansão da capacidade de produção de uma empresa ou indústria causa um aumento nos custos totais de produção, menos que proporcional ao aumento na quantidade produzida. Como resultado, ocorre uma redução no custo médio de produção à medida que ocorre a expansão do empreendimento.

Segundo Mello (1995), os fatores tecnológicos contribuem para as economias de escala, visto que variando as escalas de produção, são requeridos diferentes equipamentos. Para maiores escalas de produção, a combinação de equipamentos implica a exigência de maiores investimentos na aquisição e instalação de máquinas, porém, em uma menor proporção que em escala menor, considerando-se a relação investimento e produção. Além disso, o aumento da escala ainda permite a utilização de tecnologias diferenciadas ou equipamentos mais especializados, que possibilitam reduzir o custo unitário de produção.

Ferguson (1991), também vincula a divisão do trabalho às economias de escala devido ao estabelecimento de linhas de produção, em que o operário realiza uma única função. Ou seja, com a especialização do trabalho, há maior eficiência, maior habilidade, menos perda de tempo com mudanças de local de trabalho ou equipamento, implicando uma redução nos custos de produção.

A análise de rentabilidade de um projeto, também, constitui um instrumento de grande importância na tomada de decisão sobre um investimento, possibilitando à empresa uma alocação eficiente dos recursos disponíveis (NEVES, 1996).

A análise econômica consiste em fazer estimativas de todas as entradas e saídas, ou seja, os gastos envolvidos com o investimento inicial, operação e manutenção, bem como as receitas geradas durante um determinado período de tempo. Assim, obtém-se o fluxo de caixa financeiro

relativo à atividade, permitindo o cálculo dos indicadores econômicos conseguidos com o empreendimento. Alguns dos principais indicadores são a TIR – Taxa Interna de Retorno; o TRC – Tempo de Retorno de Capital; e VPL – Valor Presente Líquido.

Com o Tempo de Retorno de Capital (TRC), tem-se o número de períodos necessários à recuperação dos recursos despendidos na implantação do projeto, isto é, o espaço de tempo necessário para que a soma das receitas nominais futuras se iguale ao valor do investimento inicial (FARO, 1971).

O Valor Presente Líquido (VPL) ou Valor Atual (VA) do projeto é calculado por meio do somatório dos resultados anuais do fluxo de caixa líquido, sendo anualmente descontados a taxa de juros anual. Compara-se, então, o valor deste somatório com o valor do investimento total. Se a diferença for positiva, significa que os recursos financeiros, gerados pelo projeto, cobrem o investimento (NORONHA, 1981).

Matematicamente, define-se o Valor Presente Líquido como

$$VPL = V_0 + \frac{V_1}{(1+i)} + \frac{V_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{V_n}{(1+i)^n}$$

em que:

VPL = Valor Presente Líquido;

$V_n$  = valor do fluxo líquido de caixa no período  $n$ ; e

$i$  = taxa de desconto previamente estabelecida.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é conhecida como a taxa de juros real e não negativa, que faz com que o valor atribuído às receitas futuras se iguale ao custo do investimento, ou seja, é a taxa que anula o valor presente do projeto. Este critério mostra tanto a viabilidade do projeto, em comparação com um projeto alternativo, quanto as taxas de juros praticadas no mercado (CONTADOR, 1981).

Matematicamente, pode-se definir a Taxa Interna de Retorno como o valor  $i^*$  que torna verdadeira a expressão:

$$0 = V_0 + \frac{V_1}{(1+i^*)} + \frac{V_2}{(1+i^*)^2} + \dots + \frac{V_n}{(1+i^*)^n}$$

em que

$V_n$  = valor do fluxo líquido de caixa no período  $n$ .

Comparando-se esses indicadores com as possíveis taxas de rendimento de mercado próprias para o investimento de capital pode-se concluir sobre a viabilidade do investimento (HOMEM, 2004).

A TMA – Taxa Mínima de Atratividade deve ser entendida como a taxa de rentabilidade, que o mercado propicia, caso o investimento não seja direcionado ao empreendimento, permitindo comparação com a taxa de rentabilidade do projeto.

Destaca-se, ainda, o Ponto de Equilíbrio (PE) ou Ponto de Nivelamento (PN) que identifica o volume de produção ou o nível de utilização dos recursos produtivos e capacidade instalada, em que as receitas são iguais a todos os custos (fixos e variáveis). Em outras palavras, o PE determina a capacidade mínima, em que a empresa deve trabalhar (HOLANDA, 1983).

O Ponto de Equilíbrio ou Ponto de Nivelamento pode ser calculado empregando-se a fórmula:

$$\text{Ponto de Equilíbrio} = \frac{\text{custo fixo}}{\text{receita total} - \text{custo variável}}$$

A análise de sensibilidade consiste em variar certos itens componentes do custo e, ou receitas, mantendo os demais constantes. Essas alterações proporcionam variações no fluxo de caixa, gerando, portanto, novas taxas internas de retorno que, quando comparadas à taxa inicial, mostram as alterações que podem ocorrer na rentabilidade do projeto (CONTADOR, 1981).

### **3.8. A questão da torta de mamona**

O processo de descascamento e extração do óleo de mamona produz dois importantes resíduos: a casca do fruto e a torta. O adequado aproveitamento desses produtos permite o aumento das receitas da cadeia produtiva e, conseqüentemente, sua rentabilidade. As cascas de mamona são geradas na propriedade rural, muitas vezes ao lado da plantação de mamona, enquanto a torta é gerada na indústria de extração do óleo, que geralmente está situada a grande distância da plantação. Tradicionalmente, estes dois produtos têm sido utilizados como adubo orgânico, sendo a torta comercializada por conter alto teor de nitrogênio e as cascas, apenas, levadas de volta para dentro da lavoura ou aproveitada na própria fazenda (LIMA et al., 2006).

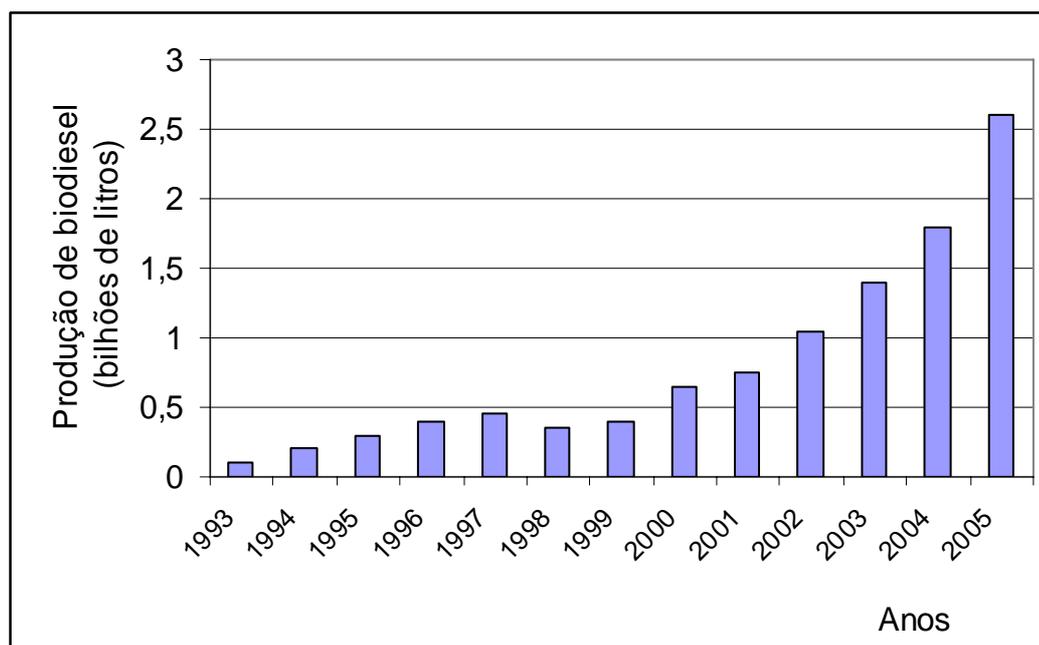
Segundo Miragaya (2005), a torta serve como fertilizante para a agricultura, devido sua riqueza em nitrogênio e propriedade em controlar nematóides de solo, que são pequenos organismos que atacam raízes e plantas. No entanto, ela não é ainda utilizada em ração para animais devido à presença de substâncias tóxicas, como a proteína ricina, o alcalóide ricinina e uma proteína alergênica.

Esse autor comenta, ainda, a possibilidade de detoxicação da torta, tornando-a um produto de alto valor nutricional. A torta pode ser utilizada como matéria-prima para a produção de aminoácidos, colas, inseticidas, tintas, fios de nylon, plásticos, espumas e vidros à prova de bala, na aviação e pulverização de automóveis.

Neste trabalho, convencionou-se a utilização da torta de mamona como fertilizante na agricultura, podendo ser utilizada também pelos próprios produtores de mamona.

### 3.9. A produção de biodiesel e óleos vegetais

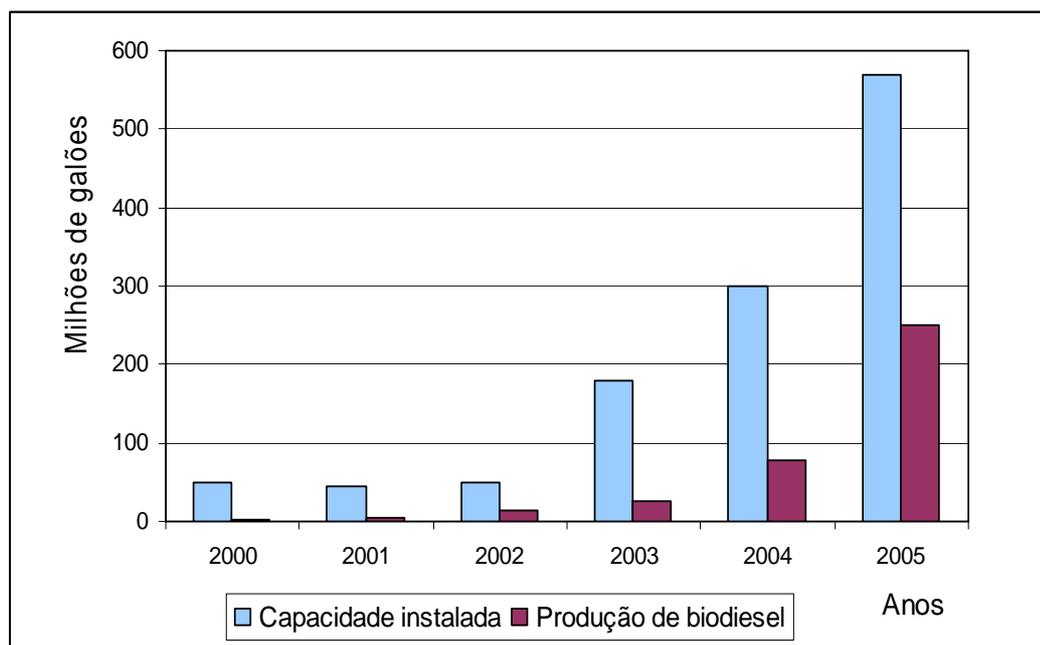
Com a elevação do preço do barril de petróleo e a crescente preocupação ambiental, surge um consenso sobre o uso dos biocombustíveis. No início da década de 1990, o processo de industrialização do biodiesel foi iniciado na Europa. Atualmente, existem diversos programas de produção e utilização do biodiesel, em diferentes estágios de implantação em vários países como Alemanha, França, EUA e Austrália. Em países onde a consciência ambiental é mais acentuada, como na Alemanha, o uso do biodiesel B20 misturado ao óleo diesel já é obrigatório há mais de uma década. Destaca-se, na Alemanha, alguns casos do biodiesel puro, o B100 (VILAR, 2006). Na Figura 5 apresenta-se o histórico de produção de biodiesel na União Européia nos anos de 1993 a 2005.



Fonte: M.I. & I.F.Q.C., 2006.

Figura 5 – Histórico de produção de biodiesel na União Européia nos anos de 1993 a 2005 (em bilhões de litros).

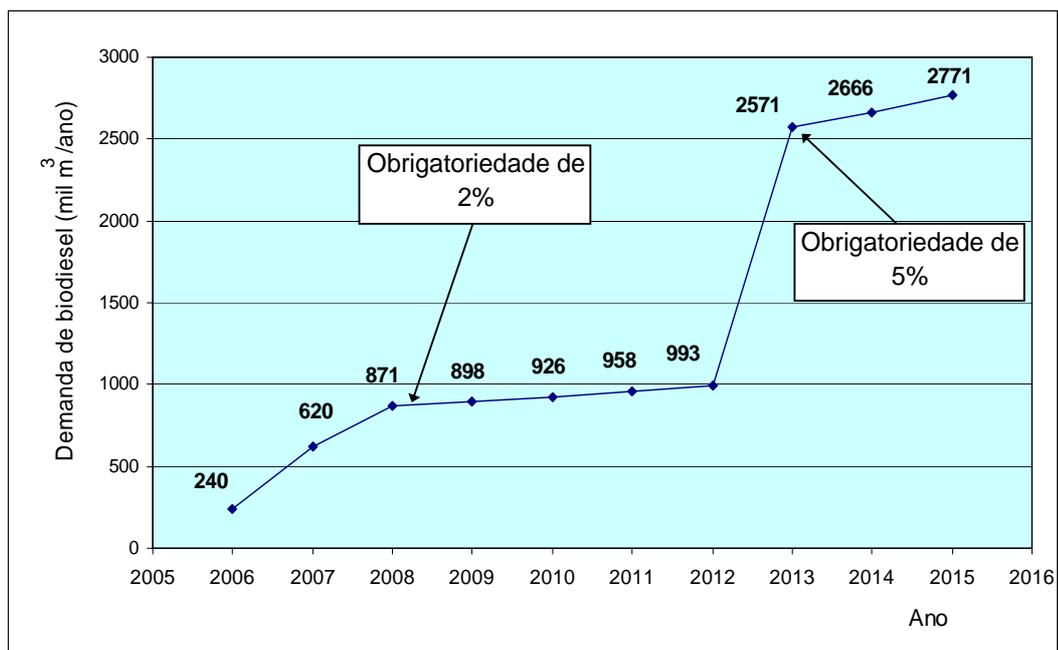
Na Figura 6 apresenta-se o histórico de produção de biodiesel nos Estados Unidos, assim como a capacidade de processamento industrial e a razão de utilização da capacidade, nos anos de 2000 a 2005.



Fonte: National Biodiesel Board, 2007.

Figura 6 – Histórico de produção e capacidade de processamento industrial de biodiesel nos Estados Unidos, no período de 2000 a 2005 (em milhões de galões).

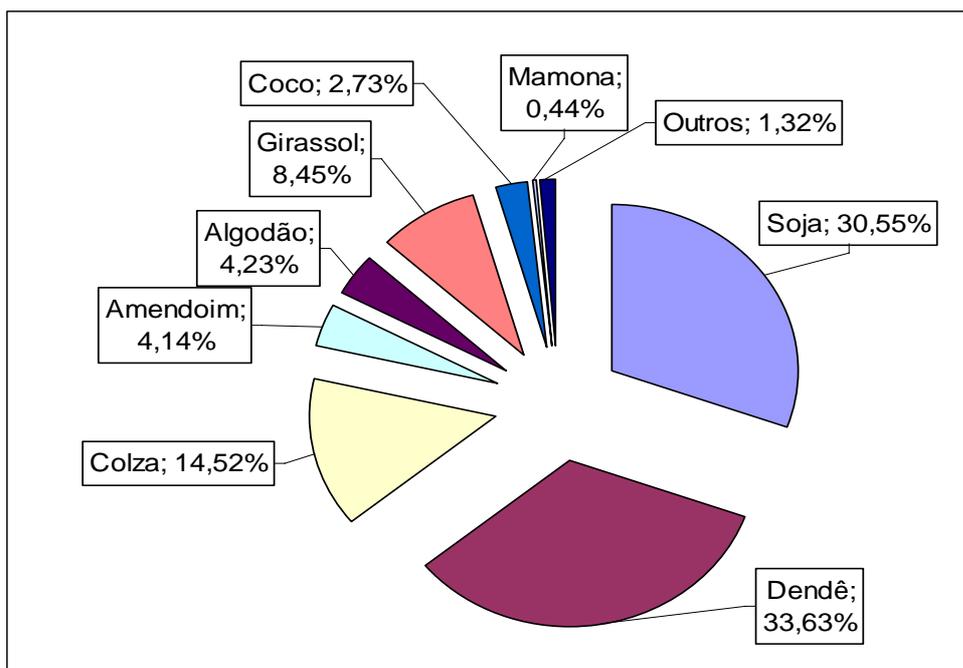
No Brasil, o crescimento do mercado para o biodiesel possibilitará a ampliação do parque industrial brasileiro, com o surgimento de novas empresas no setor. Os benefícios tributários serão concedidos aos produtores industriais, que tiverem o Selo Combustível Social, ou seja, o produtor industrial terá que adquirir matéria-prima da agricultura familiar. Na Figura 7 apresenta-se a estimativa de demanda de biodiesel no Brasil no período de 2006 a 2015.



Fonte: PETROBRÁS, 2006.

Figura 7 – Estimativa de demanda de biodiesel no Brasil no período de 2006 a 2015.

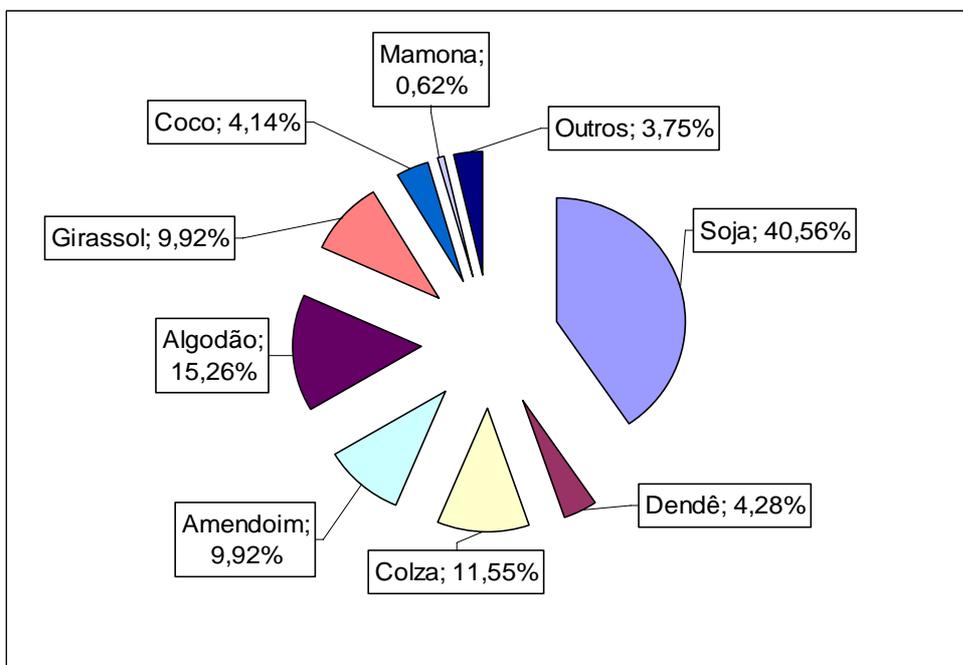
Em 2006, a produção mundial de óleos vegetais e graxos foi de 147 milhões de toneladas. Deste total, 113,6 milhões de toneladas são óleos vegetais. O mercado cresce, continuamente, a taxas em torno de 5% ao ano e, devido ao avanço na produção de biodiesel, para o ano safra de 2007, a estimativa de aumento na produção é de 6,5 milhões de toneladas, enquanto o aumento do consumo está estimado em 9 milhões de toneladas (Oil World Annual, 2006). A Figura 8 mostra a distribuição da produção de óleo vegetal em função das matérias-primas (oleaginosas), em milhões de toneladas.



Fonte: Oil World Annual, 2006.

Figura 8 – Distribuição da produção de óleos vegetais no mundo a partir de oleaginosas no mundo (em milhões de toneladas – safra 2005/2006).

A Figura 9 descreve a distribuição das oleaginosas, em função da área plantada no mundo (em milhões de hectares).



Fonte: Oil World Annual, 2006.

Figura 9 – Área plantada por oleaginosas no mundo (em milhões de hectares – safra 2005/2006).

No Brasil, cuja produção de óleos vegetais representa aproximadamente 5% da produção mundial, no ano de 2005, foram produzidos 7,4 milhões de toneladas de óleos vegetais e gorduras animais, com predominância absoluta da soja, cuja produção atingiu 5,7 milhões de toneladas (OIL WORLD ANNUAL, 2006). Na Tabela 5 é apresentada a distribuição da produção brasileira de óleo vegetal em função das oleaginosas.

Tabela 5 – Distribuição em percentagem da produção brasileira de óleo vegetal em função das oleaginosas no Brasil em 2005

Oleaginosas	BRASIL (%)
Soja	89,2
Palma / dendê	2,2
Colza	0,4
Girassol	1,2
Amendoim	0,3
Algodão	4,4
Palmiste	0,3
Côco	-
Milho	1,0
Gergelim	-
Linho	-
Mamona	1,0

Fonte: Oil World Annual, 2005.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Identificação de alternativas tecnológicas**

Foram levantadas informações relacionadas a: características da matéria-prima na região produtora, processos tecnológicos envolvidos na extração e degomagem de óleo, equipamentos necessários, capacidades de produção, rendimentos, coeficientes técnicos, investimentos e necessidade de insumos, de instalações e de mão-de-obra.

A identificação dos principais equipamentos necessários foi realizada, por meio de contato direto com fabricantes e empresas de produção de óleo vegetal.

A coleta de dados e informações foi realizada, por meio de consultas bibliográficas a revistas, jornais e publicações relacionadas ao setor, de livros técnicos, de entrevistas com profissionais e técnicos do setor, bem como visitas a empresas e instituições de pesquisa do setor.

### **4.2. Estudo da escala de operação das unidades de extração de óleo vegetal e o projeto básico**

Como alternativas tecnológicas para as usinas, foram adotadas pequenas escalas de produção de óleo vegetal, buscando identificar a melhor alternativa para a agricultura familiar.

Assim, procurou-se verificar a ocorrência de economias de escala e definir o tamanho mais adequado. Tornou-se necessário obter informações

sobre: a montagem das unidades operacionais em diferentes tamanhos, utilizando diferentes tecnologias de extração (extração mecânica e extração mista – mecânica e química com a utilização de solvente); os coeficientes de rendimento dos processos; o volume de produção anual de óleo vegetal; a necessidade de matéria-prima para as unidades; e a variação na quantidade dos equipamentos utilizados. Ainda, buscou-se dimensionar as unidades, otimizando tanto as estruturas físicas quanto a mão-de-obra necessária para operacionalizar cada sistema, entre outros.

Para a realização das avaliações e análises propostas, foram definidas algumas características, conforme apresentado a seguir.

- O dimensionamento dos galpões e construções externas das unidades foi realizado de forma a receber todos os equipamentos necessários à operacionalização eficiente das usinas de produção de óleo vegetal;
- A priorização por linhas completas e compactas, de uma só firma, a fim de compatibilizar todos os equipamentos;
- Os equipamentos auxiliares como moinhos para torta, caldeira, torre de resfriamento, utilizada no caso da extração por solvente, entre outros equipamentos foram dimensionados, em função das necessidades específicas de cada usina, sendo definidos orçamentos específicos;
- A matéria-prima será armazenada nas respectivas áreas de produção, sendo que os produtores deverão arcar com o custo de armazenamento, sendo as usinas responsáveis pela aquisição da mesma, de acordo com o planejamento de produção definido no final de cada safra;
- O custo de transporte envolvido na captação de matéria-prima, na região em que a usina estiver instalada, será por conta da usina de produção de óleo, variando de acordo com os quilômetros percorridos em função da distância da área de produção até à unidade de processamento (em menores distâncias, o custo por km percorrido é maior que para distâncias maiores, considerando a mesma quantidade de carga transportada);
- As unidades de extração de óleo possuem capacidade de armazenamento de matéria-prima e produto final, apenas, para as

necessidades operacionais (havendo uma margem de segurança – aproximadamente duas vezes a quantidade de matéria-prima diária e cerca de dez vezes a quantidade de óleo produzida). Portanto, é necessário contar com um planejamento de transporte eficaz de forma a evitar imprevistos;

- O produto (óleo vegetal de mamona degomado) deverá atender as exigências da legislação;
- As usinas estarão localizadas a uma distância média de 150 km da unidade de transesterificação, sendo o transporte do óleo, durante este percurso, por conta das unidades de produção de óleo.

### **4.3. Justificativa das escalas adotadas**

Para avaliar a possibilidade da inserção da agricultura familiar na cadeia do biodiesel, foram desenvolvidos três modelos de projetos (arranjos) de unidades de extração de óleos vegetais. Esses modelos favorecem a análise da utilização de diferentes escalas de produção, diferentes tecnologias e oleaginosas, assim como seus respectivos efeitos no custo de produção do óleo.

Na avaliação de diferentes alternativas, partiu-se da demanda exigida por uma unidade de produção de biodiesel da Petrobrás, a ser instalada em Montes Claros – MG. Esta unidade demandará, diariamente, um total de 50 mil litros de óleo vegetal, quando estiver operando com a capacidade máxima. Diante desta premissa e considerando-se a importância social deste empreendimento e a necessidade de uma proposta, que apresente maior viabilidade para pequenos produtores de mamona, consideraram-se as três sugestões de modelos a serem avaliados.

Os modelos foram construídos e viabilidade econômica foi avaliada utilizando-se o BioSoft. Este é um sistema de apoio à decisão para técnicos do Governo na implantação de unidades de produção de biodiesel no país. Foi desenvolvido a partir de um convênio, firmado entre o Ministério do Desenvolvimento Agrário e a Universidade Federal de Viçosa, segundo

Borges et al. (2006). O objetivo era produzir 50/60 toneladas por dia (TPD) de óleo vegetal, com potencial de utilização na produção de biodiesel. Para os três modelos, partiu-se da premissa que, pelo menos 50% dessa demanda deveriam ser de óleo de mamona proveniente da Agricultura Familiar. Assim, foram construídos os seguintes modelos a seguir.

- Modelo 1: Complexo de extração mecânica de óleo de mamona, com capacidade para processar 135 toneladas de matéria-prima (mamona) por dia, produzindo 54 toneladas de óleo degomado de mamona por dia, considerando um arranjo de 18 unidades de prensagem de mamona com capacidade individual de 7,5 toneladas de matéria-prima por dia;
- Modelo 2: Complexo de extração mecânica de óleo de mamona, com capacidade para processar 135 toneladas de matéria-prima (mamona) por dia, produzindo 54 toneladas de óleo degomado de mamona por dia, considerando um arranjo de 6 unidades de prensagem de mamona com capacidade individual de 22,5 toneladas de matéria-prima por dia;
- Modelo 3: Unidade de extração mista (extração por prensagem e por solvente) de óleo de mamona, com capacidade para processar 135 toneladas de matéria-prima (mamona) por dia, produzindo 60,75 toneladas de óleo degomado de mamona por dia.

Notadamente, a produção foi dimensionada com um excedente de óleo vegetal. No entanto, este excedente deverá ser absorvido facilmente pelo mercado, considerando-se o crescimento da demanda desta matéria-prima indispensável à produção de biodiesel, podendo inclusive ser utilizado, também, em outras usinas.

Vale ressaltar que a torta proveniente dos Modelos 1 e 2 possuem uma fração lipídica maior que no Modelo 3, pois, a extração por solvente utilizada neste último implica numa quase total retirada de óleo.

#### **4.4. Obtenção de dados utilizados nas avaliações<sup>2</sup>**

Informações agrícolas e industriais foram coletadas por meio de contatos telefônicos, correio-eletrônico e viagens técnicas, sendo estas fundamentais ao refinamento dos dados obtidos.

As informações agrícolas foram obtidas junto aos institutos de pesquisas agropecuárias, em âmbito nacional, estadual e regional, como EMBRAPA, EMATER e EPAMIG, agricultores e familiares e órgãos não-governamentais (ONG's) da região geográfica em estudo. Essas informações compreendem, principalmente, os sistemas de produção no campo e consumos de mão-de-obra, máquinas e insumos, produtividade e teor de óleo.

Para a realização das análises, definiu-se uma base de dados comum, que possibilitasse uma comparação confiável. Para tal, foram consultadas diversas instituições.

Um detalhamento sobre as informações e dados inseridos em cada modelo é apresentado a seguir:

- Preço da mamona – R\$ 550,00/t ((preço médio praticado no mercado – cotação CEPEA/ESALQ);
- Produtividade da cultura de mamona – 1,02 toneladas por hectare;
- PIS/PASEP + COFINS – 4,65% do preço de venda do óleo;
- ICMS – 7,00% do preço de venda do óleo;
- Transporte da mamona – R\$ 0,11/t.km (Morro do Chapéu/ FETAG – BA). Este valor serviu como base de cálculo, variando em função da distância entre as áreas de produção e as usinas;
- Custos com Assistência Técnica Rural (ATER) – em média, R\$ 0,07/kg de óleo;
- Custos com transporte de óleo – R\$ 0,13/t.km (estimativas da ESALQ-LOG – SIFRECA, para o mês de maio de 2006);

---

<sup>2</sup> Base de dados utilizados: janeiro a julho de 2006

- Raio de distribuição do óleo (distância média entre as unidades de produção de óleo em cada modelo e a unidade de transesterificação) – 150 km;
- Preço da torta de mamona – R\$ 260,00/t (cotação ABOISSA para torta com 40% de proteína, para o estado de Minas Gerais, com 4,8% de ICMS);
- Coeficientes técnicos e orçamentos – referentes à tecnologia da empresa Urso Branco;
- Preço mínimo de mercado do óleo vegetal de mamona – R\$ 1,95 por litro (preço médio praticado no mercado – cotação ABOISSA, 2006);
- Dias de produção na indústria – 300 dias por ano;
- Turnos de trabalho nas unidades – 4 turnos;
- Salário-mínimo base – R\$ 350,00;
- Encargos sociais considerados – 88 % da remuneração total;
- Horizonte de planejamento – 10 anos;
- Taxa Mínima de Atratividade (TMA) – estimada em 12 %.

O custo industrial de extração foi definido, como sendo o somatório dos custos do processamento industrial, compostos por: custos variáveis de consumo de insumos, remuneração da mão-de-obra operacional, gastos com a manutenção da linha e custos fixos de administração da unidade e da depreciação das instalações físicas e dos equipamentos.

A estimativa dos custos industriais, envolvidos na composição do custo total de produção de óleos vegetais degomados, foi realizada por meio do levantamento de informações sobre alguns orçamentos de plantas industriais de extração de óleo vegetal (empresas Alliance e Urso Branco).

Quanto à necessidade de mão-de-obra, proposta nas análises, consideram-se as especificidades de cada modelo, a tecnologia proposta e o número de unidades em cada modelo que, no caso da extração por solvente, exige maior número de mão-de-obra especializada.

Considerando que os modelos são propostas para a inserção da agricultura familiar, envolvendo, necessariamente, práticas agrícolas

adequadas durante as etapas relacionadas à produção de mamona no campo, em todos esses modelos foi considerada a Assistência Técnica Rural (ATER) aos produtores, sendo que a necessidade dessa assistência é calculada em função de recomendações do Ministério do Desenvolvimento Agrário. Assim, estabeleceu-se que haverá um agrônomo vinculado a ATER, para cada 1600 famílias contempladas no projeto, o qual será responsável pela supervisão e coordenação das atividades, inclusive orientando técnicos agrícolas e coordenando uma equipe, que é ainda composta de técnicos agrícolas e agentes comunitários. Cada conjunto de 190 famílias, envolvidas com a produção de mamona, terá a assistência de um técnico agrícola. Os custos vinculados à ATER serão custeados pelas unidades de processamento. Haverá ainda a presença de um agente comunitário, para cada 50 famílias envolvidas, que servirá de elo de ligação entre a indústria representada pela ATER e os agricultores, sendo estes representantes das comunidades.

As linhas de crédito utilizadas nos três modelos foram o FINAME (para os equipamentos) e BNDES Automático (para o capital de giro), ambos com taxa de juros total igual a 11,65%.

Para a análise de viabilidade dos modelos, utilizou-se o software BioSoft, que requer o levantamento de investimentos fixos (obras de construção civil, máquinas e equipamentos) e capital de giro necessário, levantamento de mão-de-obra, matéria-prima, insumos básicos, custos de transporte, e outros, de forma a obter todas as despesas de curto prazo necessárias ao processo produtivo, permitindo o cálculo dos custos operacionais. Com base nestes dados, o software calcula e fornece os valores dos principais indicadores, como a taxa interna de retorno (TIR), o valor presente líquido (VPL), o tempo de retorno de capital (TRC) e o ponto de equilíbrio (PE). Calcula, ainda, a quantidade de empregos gerados em cada unidade, permitindo uma análise de impacto social de cada modelo proposto.

#### **4.5. Os modelos**

a) Modelo 1 – Complexo envolvendo o arranjo de 18 unidades de prensagem de mamona, com capacidade individual de 7,5 toneladas de matéria-prima, diariamente.

O maior desafio para a produção de óleo vegetal em pequena escala é implantar unidades de extração e degomagem, considerando-se os investimentos, custos de produção, preço de venda do produto final, qualidade e garantia de suprimento, assim como propiciando a geração de renda com a inclusão social.

Para o Modelo 1, cada uma das 18 unidades demanda 2250 toneladas de mamona por ano, considerando-se uma produtividade de 1020 kg de mamona por hectare, uma área plantada de mamona de 6% da área de captação e um raio médio de captação em torno de 11 Km, para cada unidade do modelo. Este raio é utilizado para definir o custo de transporte de matéria-prima, que depende da distância entre as plantações e as indústrias e também da dificuldade de acesso aos pontos de coleta. A definição desse raio depende da identificação da região da agricultura familiar, onde a unidade será instalada, podendo até atingir valores superiores. Para o cálculo do custo de transporte de óleo, utiliza-se uma distância média de 150 km entre as unidades e a usina de transesterificação.

Cada unidade é provida de um sistema de recepção e preparo da matéria-prima, com uma linha de extração mecânica (por prensagem) e degomagem, além de equipamentos relacionados ao sistema como o moinho para a torta, silos e tanques, caldeira e outros.

Como se trata de um processo estritamente mecânico, considerou-se que o teor de óleo extraído é 40%, sendo que, assim, a fração de óleo não extraído por prensagem permanece incorporada à torta, que será comercializada como fertilizante.

A Figura 10 ilustra a distribuição das 18 unidades, simulando a implantação das mesmas numa região produtora.

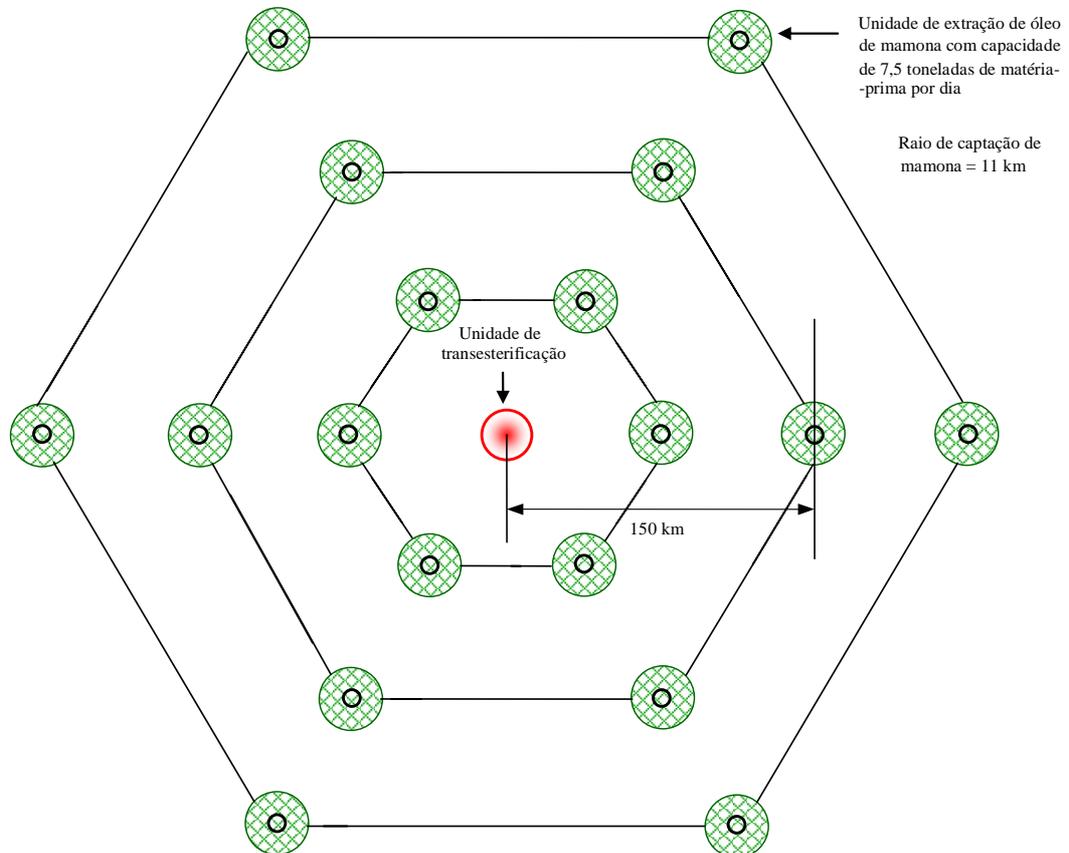


Figura 10 – Distribuição das 18 unidades de produção de óleo vegetal na região produtora, para o Modelo 1.

Para o gerenciamento da operacionalização do Modelo 1, foi considerada a implantação de uma unidade administrativa contando, com um gerente com remuneração de 10 salários mínimos e três técnicos em extração de óleo (responsáveis pelas 18 unidades de processamento) com remuneração de quatro salários mínimos cada. Nas unidades de processamento, considerou-se a necessidade de duas pessoas por turno, envolvidas com a extração em si, outras duas responsáveis pela recepção de matéria-prima e expedição de óleo, trabalhando apenas em horário

diurno e, ainda, dois folguistas. Assim, contabilizam-se 12 funcionários por unidade, com remuneração de 1,5 salários mínimos cada um.

b) Modelo 2 – Complexo envolvendo o arranjo de 6 unidades de prensagem de mamona, com capacidade individual de 22,5 toneladas de matéria-prima por dia;

Para este modelo, cada uma das seis unidades demanda anualmente 6750 toneladas de mamona. Considerando-se uma produtividade de 1020 kg de mamona por hectare, uma área plantada de mamona de 6% da área de captação e um raio de captação em torno de 19 Km, para cada unidade do modelo, sendo este raio utilizado para definir o custo de transporte de matéria-prima.

Cada unidade é provida de um sistema de recepção e preparo da matéria-prima, com uma linha de extração mecânica (por prensagem) e degomagem, além de equipamentos relacionados ao sistema, como moinho para a torta, silos e tanques, caldeira, e outros.

Como se trata de um processo estritamente mecânico, considerou-se que o teor de óleo extraído é 40%, sendo que, assim, a fração de óleo não extraído por prensagem permanece incorporada à torta, que será comercializada como fertilizante. Portanto, a capacidade do complexo é de 54 TPD de óleo degomado de mamona.

A Figura 11 ilustra a distribuição das 6 unidades, simulando sua implantação numa região produtora.

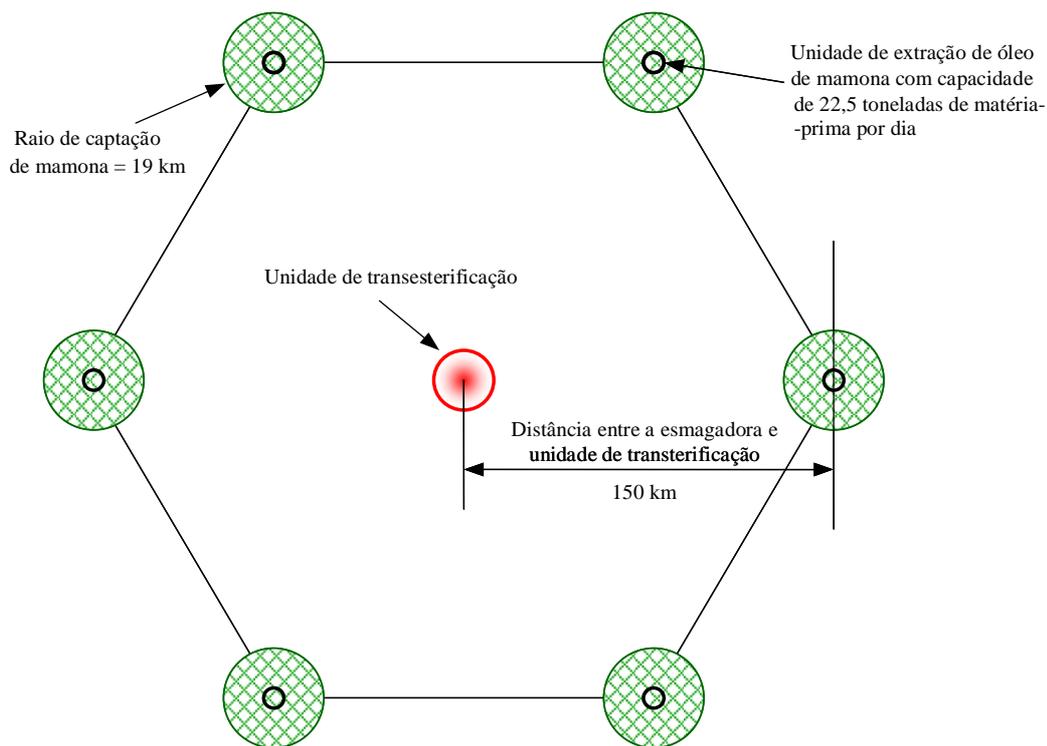


Figura 11 – Disposição das unidades de extração mecânica de mamona e transesterificação de biodiesel, com seus respectivos raios de captação de matéria-prima.

Para o gerenciamento da operacionalização do Modelo 2, considerou-se a implantação de uma unidade administrativa, contando com: um gerente com remuneração de 10 salários mínimos, seis técnicos em extração de óleo, responsáveis pelas seis unidades de processamento e com remuneração de quatro salários mínimos cada e, ainda, um técnico em mecânica, por turno, com remuneração de três salários mínimos. Nas unidades de processamento, considerou-se a necessidade de cinco pessoas por turno, envolvidas com a extração em si, outras quatro responsáveis pela recepção de matéria-prima e expedição de óleo, trabalhando apenas em horário diurno e, ainda, quatro folguistas. Portanto, contabiliza-se 28 funcionários por unidade, com remuneração de 1,5 salários mínimos cada um.

c) Modelo 3: Unidade de extração mista, com capacidade para processar 135 toneladas de matéria-prima (mamona) por dia.

Neste modelo, em que a extração ocorre por prensagem e por solvente (extração mista), considerou-se que o teor de óleo extraído é 45%. O complexo tem capacidade para produzir 60,75 toneladas de óleo degomado de mamona, diariamente.

A unidade conta com equipamentos para recepção e preparação de grãos, além de um sistema de extração por prensagem constituído de três prensas maiores que as anteriores e com capacidade para processar 135 toneladas de mamona, diariamente, com rendimento aproximado de 40 % de óleo extraído.

A Figura 12 ilustra a unidade de extração mista, simulando sua implantação numa região produtora.

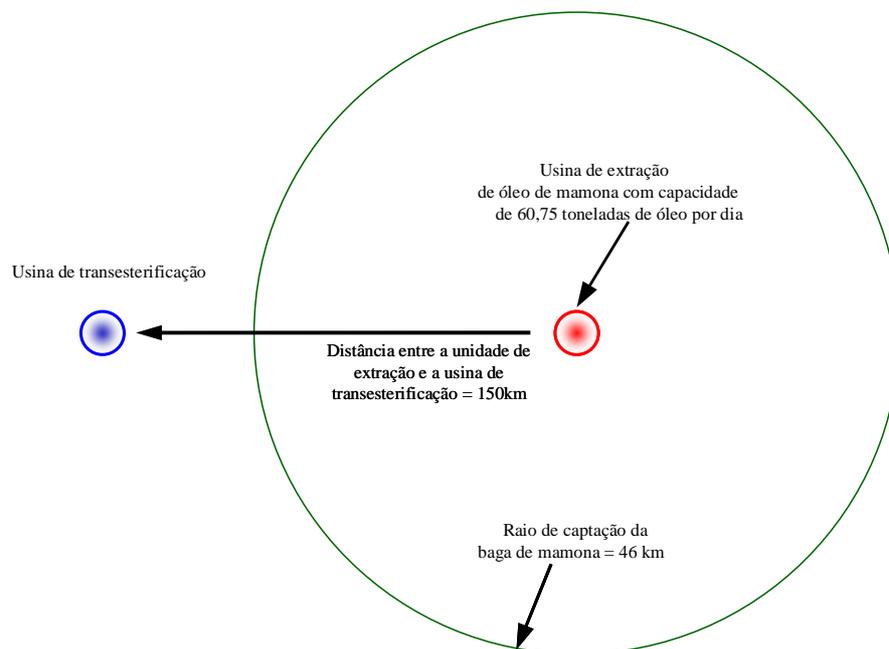


Figura 12 – Disposição da unidade de extração mista de óleo e a usina de transesterificação de biodiesel, com o respectivo raio de captação de matéria-prima.

São produzidas, aproximadamente, 92 toneladas de torta gorda, que passam pelo processo de extração química diariamente, sendo que, para este processo, foram obtidas informações relativas a uma unidade de 100 toneladas de torta. O sistema de extração química utiliza hexano, como solvente. A unidade ainda conta com a seção de degomagem, além de equipamentos relacionados ao sistema, como moinho para a torta, silos e tanques, caldeira e outros.

Para o gerenciamento da operacionalização do Modelo 3, foi considerada a implantação de uma unidade administrativa, contando com um gerente com remuneração de 10 salários mínimos, nove técnicos em extração de óleo, responsáveis pela unidade de processamento, com remuneração de quatro salários mínimos cada, dois técnicos em mecânica, por turno, com remuneração de três salários mínimos, além de 12 pessoas por turno, envolvidas com a extração em si, outras oito responsáveis pela recepção de matéria-prima e expedição de óleo e, ainda, 12 folguistas. Assim, contabilizam-se 68 funcionários operacionais na unidade, com remuneração de 1,5 salários mínimos cada um.

#### **4.6. O sistema BioSoft**

O software BioSoft visa, essencialmente, prover de forma dinâmica e precisa o Governo brasileiro, com indicadores sociais (geração de empregos e renda, necessidade de subsídios agrícolas) e financeiros (preço de comercialização das oleaginosas, necessidade e taxas de retorno de investimentos, preço de venda, carga tributária do biodiesel e outros) dos elos agrícola e industrial da cadeia produtiva de biodiesel, para orientar a implantação conjunta de comunidades agrícolas (produção de oleaginosas) e unidades industriais (produção do biocombustível).

Nota-se que a instalação de uma unidade fabril, conforme previsto pelo sistema em questão, é consideravelmente complexa, pois, requer uma gama diversificada de dados e informações que, por sua vez, sofrem modificações de acordo com vários fatores, sendo, portanto, de difícil

previsão. Portanto, sua implementação por meio de ferramentas computacionais é justificada.

Em razão da grande extensão territorial e diversidade regional do país, o sistema BioSoft é instalado com alguns módulos específicos, baseados em amplos estudos anteriores (Mamona, Dendê, Girassol/Canola) e disponível para análise de qualquer cultura e escala de produção podendo ser ajustado para cada região.

O software se destina aos técnicos do Ministério do Desenvolvimento Agrário, envolvidos em atividades relacionadas ao biodiesel. Os técnicos possuem, em sua maioria, formação técnica e, ou superior (técnicos agrícolas, técnicos em informática, agrônomos, engenheiros, administradores, etc.), domínio da microinformática e conhecimento técnico especializado, em relação à problemática da cadeia produtiva do biodiesel. Assim, o sistema foi desenvolvido de acordo com o perfil desses usuários.

De acordo com a tipificação dos SAD (Sistemas de Apoio à Decisão) proposta por ALTER (1980), o BioSoft se enquadra na classificação dos sistemas orientados por modelos. Nesta classe, os sistemas são voltados para a solução de problemas de planejamento/orçamento por meio de formulações e cálculos padronizados, que permitam a estimativa de resultados futuros. Além disso, possuem base periódica e destinam-se à usuários qualificados ou que ocupam cargos gerenciais na hierarquia da organização.

O sistema BioSoft, como referido anteriormente, apóia-se em modelos financeiros de viabilidade econômica (estimativa de custos de produção, receitas, investimentos, financiamentos, fluxo de caixa e cálculo de indicadores sociais e financeiros) como forma de auxiliar no planejamento e implantação futura de unidades produtoras de biodiesel. Apesar da variabilidade do ciclo vegetativo de produção das oleaginosas incluídas no BioSoft (culturas anuais e perenes), o sistema tem seu modelo em base anual de cálculo.

Numa visão global, a estrutura do BioSoft é formada pelos dois elos do modelo: agrícola e industrial. Apesar das diversas interligações entre os

componentes do modelo, a principal associação da estrutura do sistema ocorre, a partir da capacidade produtiva da unidade industrial de biodiesel (do elo industrial para o agrícola) e do preço de venda da(s) oleaginosa(s).

Analisando a estrutura do sistema com maior detalhamento (Figura 13), pode-se visualizar suas principais associações (já no nível de componentes). Tais associações é que, efetivamente, possibilitarão o funcionamento do sistema. Vale ressaltar a existência de dois “novos” componentes comuns aos elos: cadastro (entrada principal de dados do sistema) e Resultados/Cenários (saída do sistema).

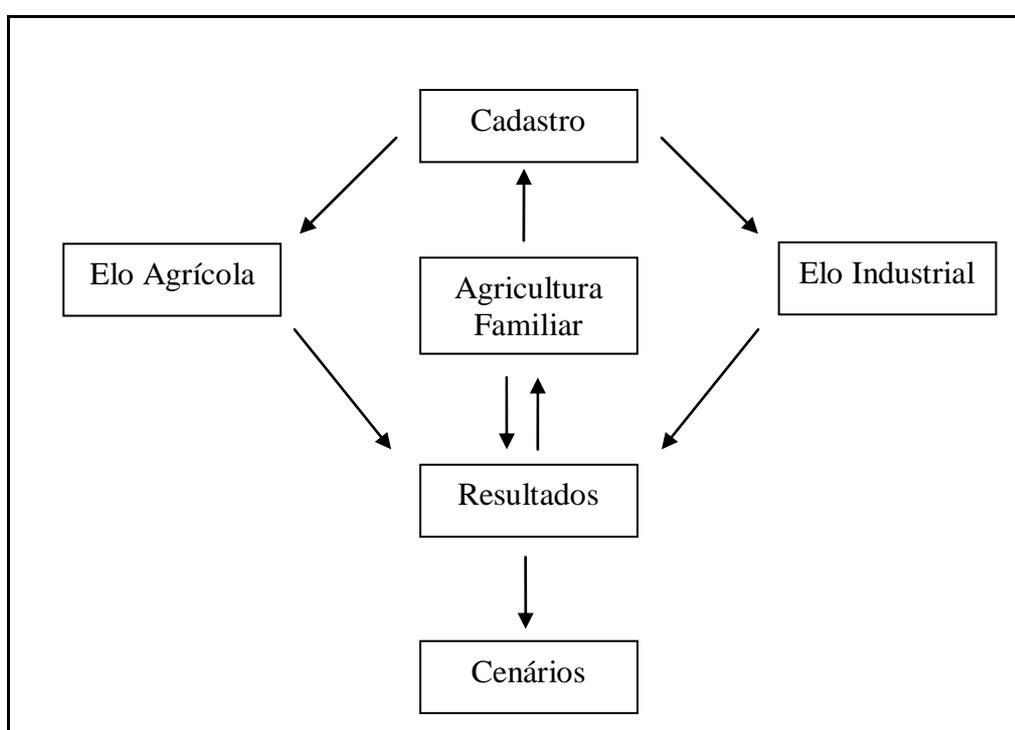


Figura 13 – Estrutura do software BioSoft.

Em linhas gerais, o elo agrícola do sistema responde pela seção do modelo, que efetua a estimativa dos investimentos e financiamentos (em custeio agrícola, obras civis e benfeitorias, máquinas e suplementos agrícolas), dos custos de produção das oleginosas (denominadas, no modelo, como culturas P1) e das potenciais culturas secundárias (chamadas de P2) e das respectivas receitas de venda dos grãos e, ou frutos oleaginosos produzidos. A partir dessas estimativas, os quadros de

amortização e de fluxo de caixa alimentam os cálculos dos indicadores sociais e financeiros, referentes ao elo agrícola.

De maneira muito semelhante, a parte industrial do modelo proposto é constituída, fundamentalmente, por investimentos (em capital de giro, obras civis e equipamentos), custos de produção do biodiesel (fixos e variáveis) e receitas operacionais que referem-se à venda do biodiesel e seus subprodutos, ou seja, torta desengordurada e glicerina. No elo industrial, que possui ainda um componente auxiliar de estimação de impostos, para simular possíveis preços do biodiesel puro e de suas misturas  $B_x$ <sup>3</sup> com o diesel comum, os cálculos dos indicadores financeiros são também baseados no fluxo de caixa.

Os resultados da aplicação do modelo são calculados, a partir de fórmulas de matemática financeira e engenharia econômica, sendo estas dependentes de parâmetros dos componentes dos elos agrícola e industrial. Estes resultados constituem a base para a tomada de decisão e são expressos pelos seguintes componentes: Indicadores sociais e de renda, Indicadores Financeiros, Relatório de Produção e Cenários.

---

<sup>3</sup> O termo  $B_x$  vem sendo comumente usado para designar a mistura de biodiesel (na proporção de x %) e diesel mineral (na proporção complementar à x %). Por exemplo, o diesel  $B_2$  é a mistura composta por 2% de biodiesel e 98% de diesel mineral.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. As respostas dos modelos propostos**

A utilização dos modelos, para definir a análise de inserção de unidades de extração de óleo vegetal, permite iniciar um importante processo de discussão junto às entidades representativas da agricultura familiar. Estes modelos foram definidos, a partir de diferentes tecnologias de extração e escalas de processamento, o que possibilita a observação dos resultados financeiros e dos indicadores econômicos produzidos, favorecendo a identificação dos melhores indicadores.

Para a elaboração dos modelos, foram necessárias informações sobre as unidades operacionais, volume de produção anual e consumo de matéria-prima, variação da quantidade e tamanho de equipamentos e acessórios integrados às linhas, além do levantamento de todos os investimentos necessários a cada modelo. Para os modelos 1 e 2, como a extração acontece por prensagem, as unidades apresentam semelhanças. No Modelo 3, em que também acontece a extração por solvente, há um acréscimo de uma linha de extração por solvente, o que a diferencia das demais, envolvendo maiores cuidados operacionais, além de investimento adicional.

Estes modelos podem absorver 135 toneladas de matéria-prima, diariamente, o que implica um consumo anual (300 dias de processamento) de 40500 toneladas, exigindo uma área agricultável de 39.706 hectares, a partir de uma produtividade média de 1,02 toneladas de mamona por

hectare cultivado. Para este modelo de produção agrícola de mamona, são gerados 4500 empregos diretos no campo. Esta quantidade total de mamona gera uma receita bruta total de R\$ 22.275.000,00, anualmente.

Quanto à geração de empregos nas unidades de extração, observa-se que são gerados postos de trabalho no setor operacional, sendo que esses postos podem ser preenchidos por membros das comunidades locais, o que certamente vem de encontro às metas governamentais de geração de emprego e renda.

A Tabela 6 mostra o total de postos de trabalho gerados com os modelos.

Tabela 6 – Número de postos de trabalho gerados nas propostas de modelos

Indicadores	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Mão-de-obra administrativa	4	7	10
Mão-de-obra operacional	216	172	76
Mão-de-obra ATER	206	206	206
Mão-de-obra na agricultura	4500	4500	4500

O Modelo 1 requer maior quantidade de mão-de-obra operacional que os demais, devido especialmente à existência de um maior número de unidades de produção, podendo ser utilizado como critério de decisão favorável a este modelo caso a geração de postos de trabalho seja fator determinante na escolha do modelo. Quanto à mão-de-obra administrativa, observa-se um aumento progressivo, devido ao aumento na complexidade dos modelos envolvidos. Verifica-se que os postos de trabalho, gerados na agricultura e na ATER, são iguais para os modelos, pois, estes estão baseados na produção de mamona e na quantidade de famílias envolvidas nos sistemas de produção.

## 5.2. Avaliação econômico-financeira para os modelos propostos

Em toda análise financeira os custos fixos e variáveis assumem elevada importância. Entre os custos fixos destacam-se mão-de-obra administrativa e depreciação de construções e equipamentos, enquanto, entre os custos variáveis destacam-se matéria-prima, insumos diversos como energia elétrica, vapor, água, mão-de-obra operacional, transporte de materiais e outros.

Nos três modelos propostos, a matéria-prima mamona foi a principal responsável pelos custos de produção de óleo, atingindo 69,72%, 71,16% e 67,51% dos custos totais para os modelos 1, 2 e 3, respectivamente. Estes dados e a distribuição dos custos de produção podem ser observados nas figuras 14, 15 e 16.

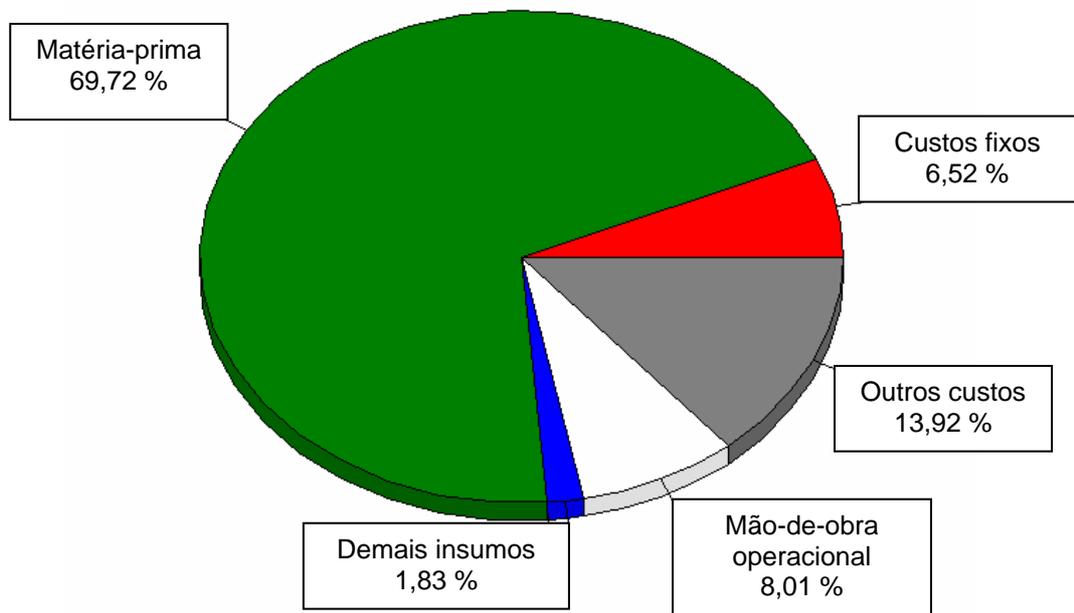


Figura 14 – Distribuição dos custos de produção envolvidos no Modelo 1.

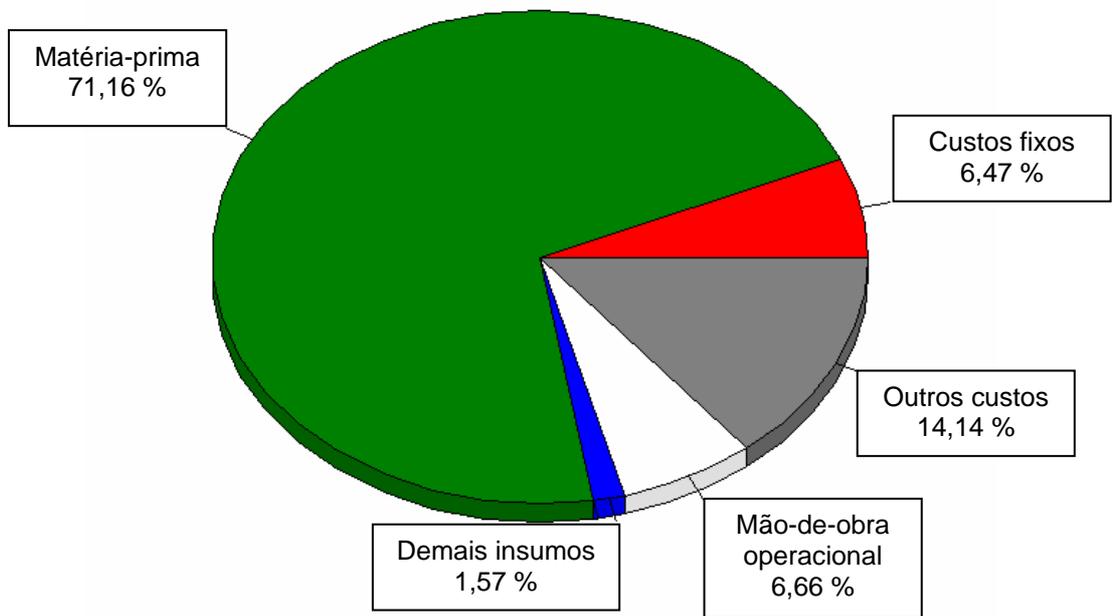


Figura 15 – Distribuição dos custos de produção envolvidos no Modelo 2.

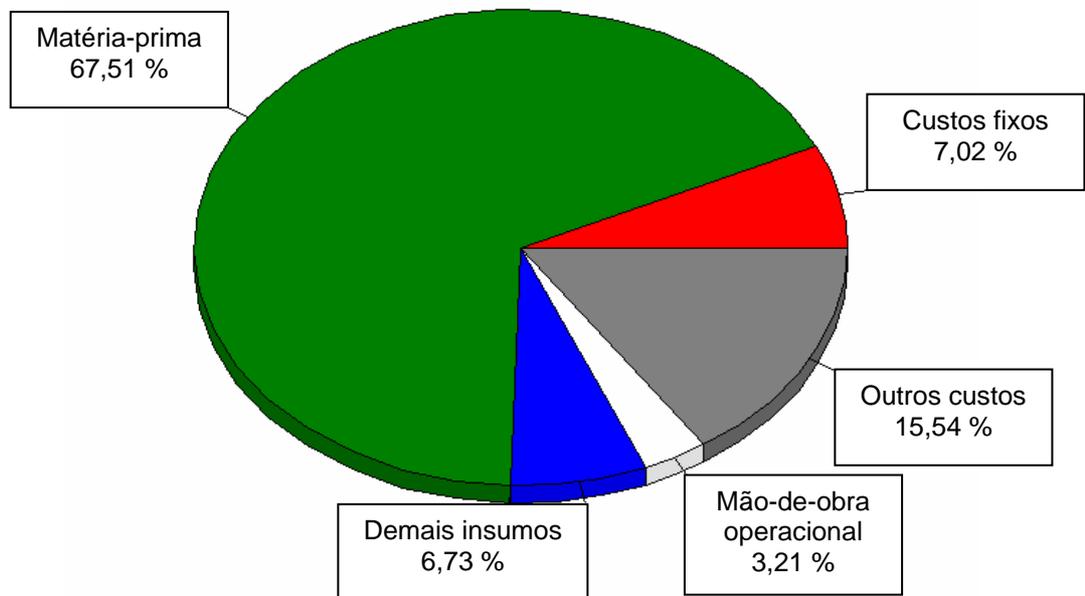


Figura 16 – Composição dos custos de produção envolvidos no Modelo 3.

O uso de escalas e tecnologias distintas nos modelos geram resultados distintos, quanto aos custos unitários de produção, com a utilização da capacidade total das unidades, sendo os valores apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Custos de produção de óleo vegetal nos três modelos

Indicadores	Custo de produção do óleo (R\$/L)
Modelo 1	1,61
Modelo 2	1,57
Modelo 3	1,51

Observa-se que a unidade de extração mista (Modelo 3) possui custo de produção menor que as demais, o que demonstra a redução de custos em função do aumento na escala de produção. Destaca-se, também, a utilização de uma tecnologia de extração diferente das demais, com uma maior fração de óleo extraída (45% da mamona). Esta diferenciação nos custos de produção implica uma maior flexibilidade em relação a preço de venda, pois, pequenas variações nos preços do óleo vegetal têm menor efeito sobre a rentabilidade que nos outros dois modelos.

Nas figuras 17, 18 e 19, identifica-se o Ponto de Equilíbrio (PE), a partir do cruzamento dos valores de receita e custos apresentados graficamente.

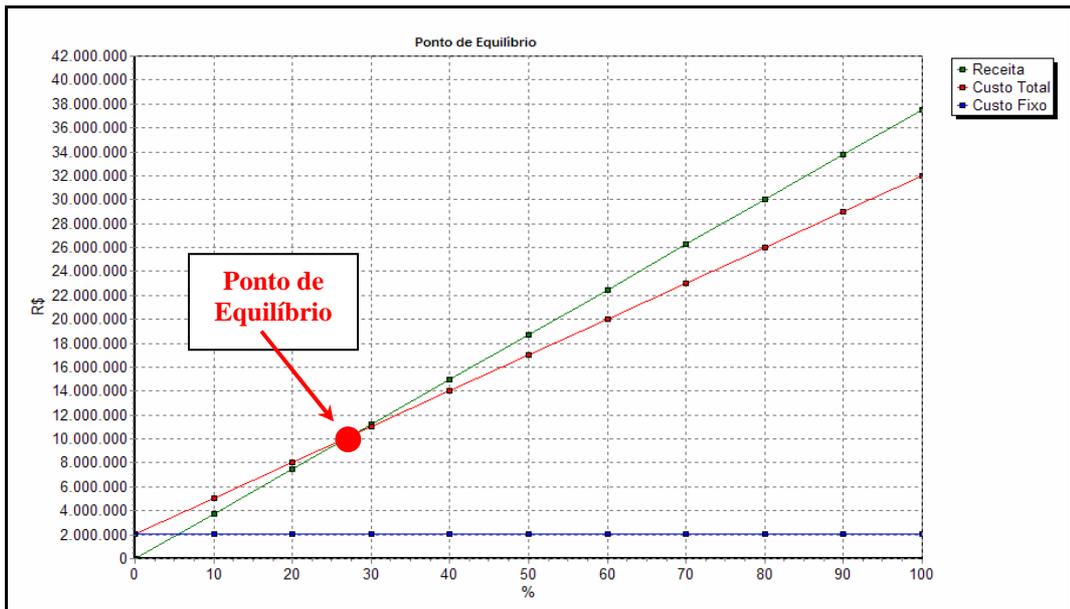


Figura 17 – Gráfico do Ponto de Equilíbrio para o Modelo 1 proposto.

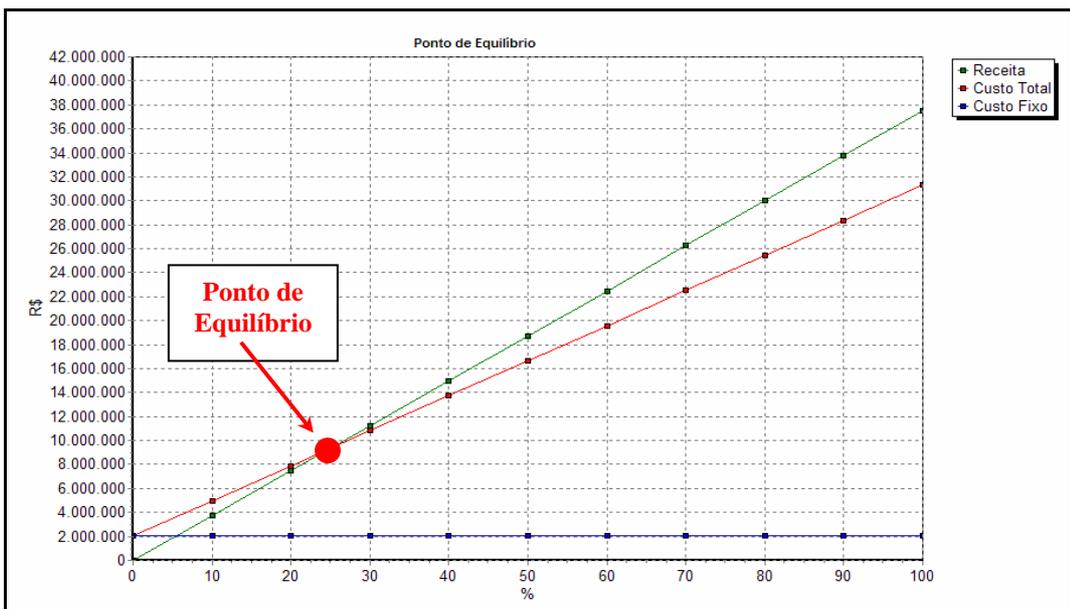


Figura 18 – Gráfico do Ponto de Equilíbrio para o Modelo 2 proposto.

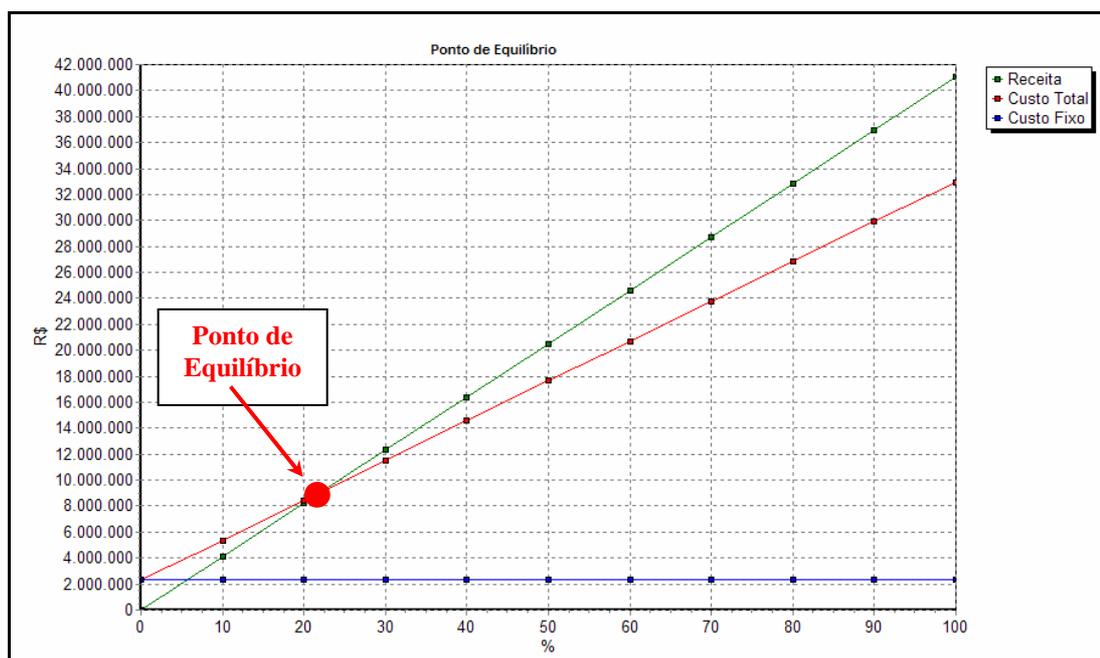


Figura 19 – Gráfico do Ponto de Equilíbrio para o Modelo 3 proposto.

Os valores para o Ponto de Equilíbrio (PE) nos três modelos, assim como os demais indicadores de viabilidade econômica (TIR – Taxa Interna de Retorno, TRC – Tempo de Retorno de Capital e VPL – Valor Presente Líquido) e o valor dos investimentos totais, para a implantação de cada modelo, estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Indicadores para os modelos 1, 2 e 3

Indicadores	Unidade	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Investimento total	R\$	16.447.626,26	12.621.007,32	15.465.556,33
Ponto de equilíbrio	%	27,32	24,68	22,41
TIR	%	28,13	42,06	44,61
TRC	Anos	3,49	2,39	2,26
VPL	R\$	13.009.133,59	19.426.265,96	26.143.410,46

Observa-se que as necessidades de investimento são diferentes. A princípio, o Modelo 1 exige um maior investimento, sendo que o Modelo 2 exige um investimento de aproximadamente 77 % do valor do primeiro sendo utilizada a mesma tecnologia de extração para ambos, variando as capacidades individuais e a distribuição das prensas. Para o Modelo 3, foi estabelecida apenas uma unidade de processamento, não sendo a

necessidade de investimento ainda menor devido à introdução do sistema de extração por solvente, o que implica num incremento de investimentos ao modelo.

A partir dos indicadores de viabilidade, para as condições preestabelecidas, verifica-se que existe viabilidade dos investimentos nos três modelos propostos, pois, os resultados demonstram que os valores da TIR são maiores que a TMA, os valores de VPL são maiores que zero e os valores de TRC são considerados satisfatórios para todos os modelos.

No entanto, numa análise individual de cada projeto, verifica-se que os modelos 2 e 3 possuem TIR mais favoráveis que o Modelo 1. Todavia, o Modelo 3 apresenta um custo de produção unitário menor que o Modelo 2, porém, exigindo investimento superior.

De qualquer forma, não se tem certeza sobre eventos futuros, principalmente aqueles relacionados a preços de produtos e insumos. Para o óleo vegetal destinado à produção de biodiesel, espera-se, em função da obrigatoriedade de adição de biodiesel ao diesel e a necessidade do Selo Combustível Social para a comercialização do biodiesel, a redução da incerteza relacionada à receita operacional de unidades de extração de óleo vegetal. Assim, havendo compradores de óleo, a comercialização do óleo vegetal proveniente da agricultura familiar torna-se favorável ao investimento nas unidades.

Contudo, observações sobre possíveis variações no preço contribuem para a tomada de decisão e para evitar situações não-previstas inicialmente, pois, quanto menos susceptível às oscilações de preços, mais seguro será o investimento. Nos modelos em avaliação, observa-se que a matéria-prima (mamona), devido ao fato de ser a maior responsável pelos custos, bem como o produto final (óleo vegetal de mamona) têm impactos maiores sobre a rentabilidade do projeto do que os demais itens, no caso de variações de preços. Assim, de forma a reduzir as incertezas, realizou-se análises de sensibilidade envolvendo, individualmente, estes itens e a TIR de cada modelo, conforme as figuras 20, 21 e 22.

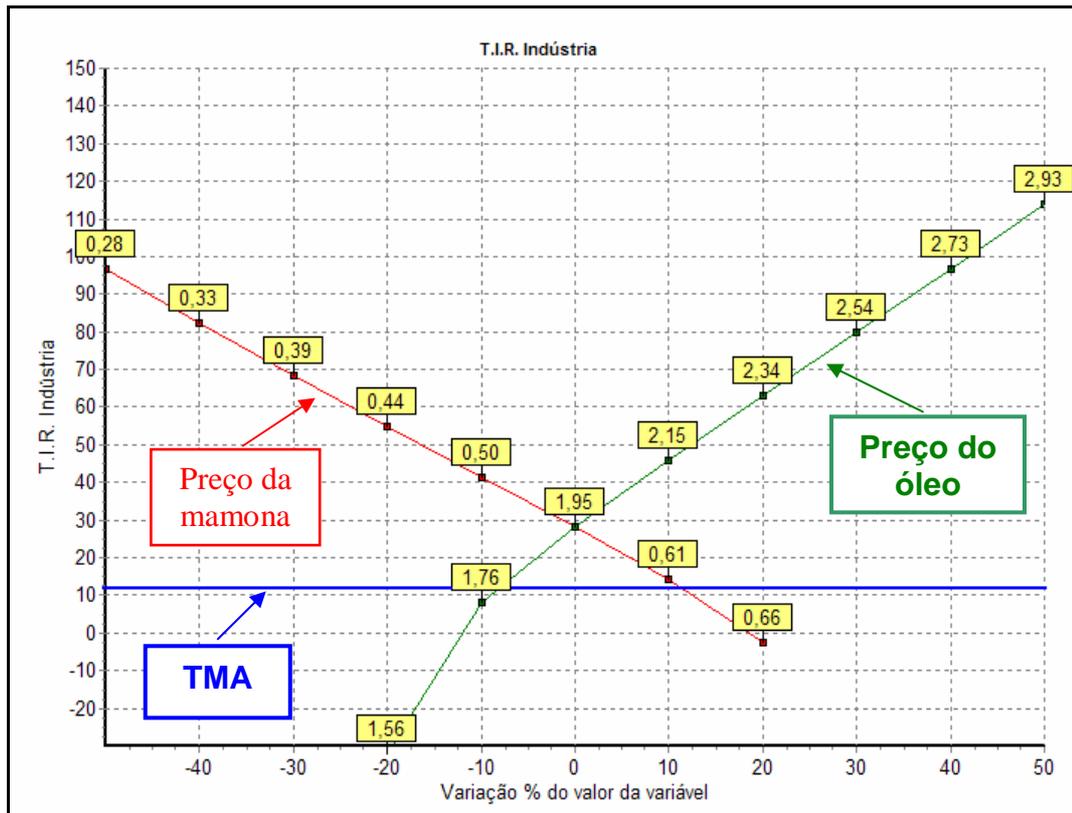


Figura 20 – Análise de sensibilidade para o Modelo 1.

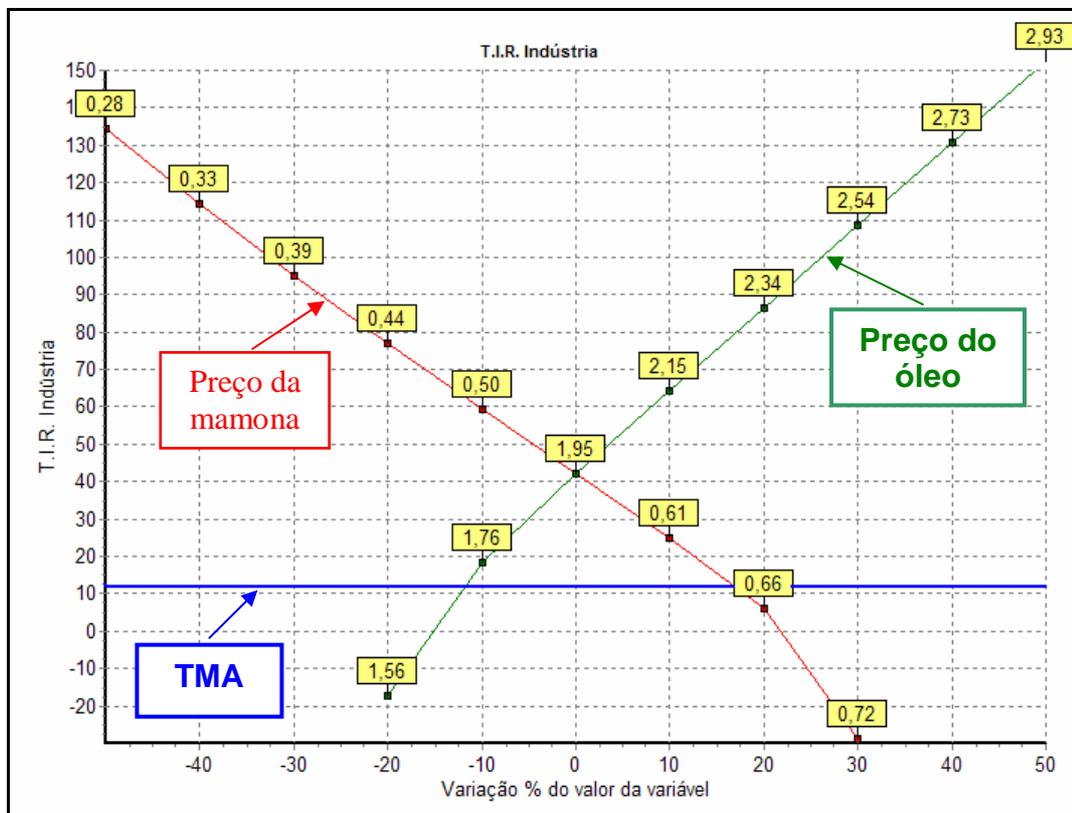


Figura 21 – Análise de sensibilidade para o Modelo 2.

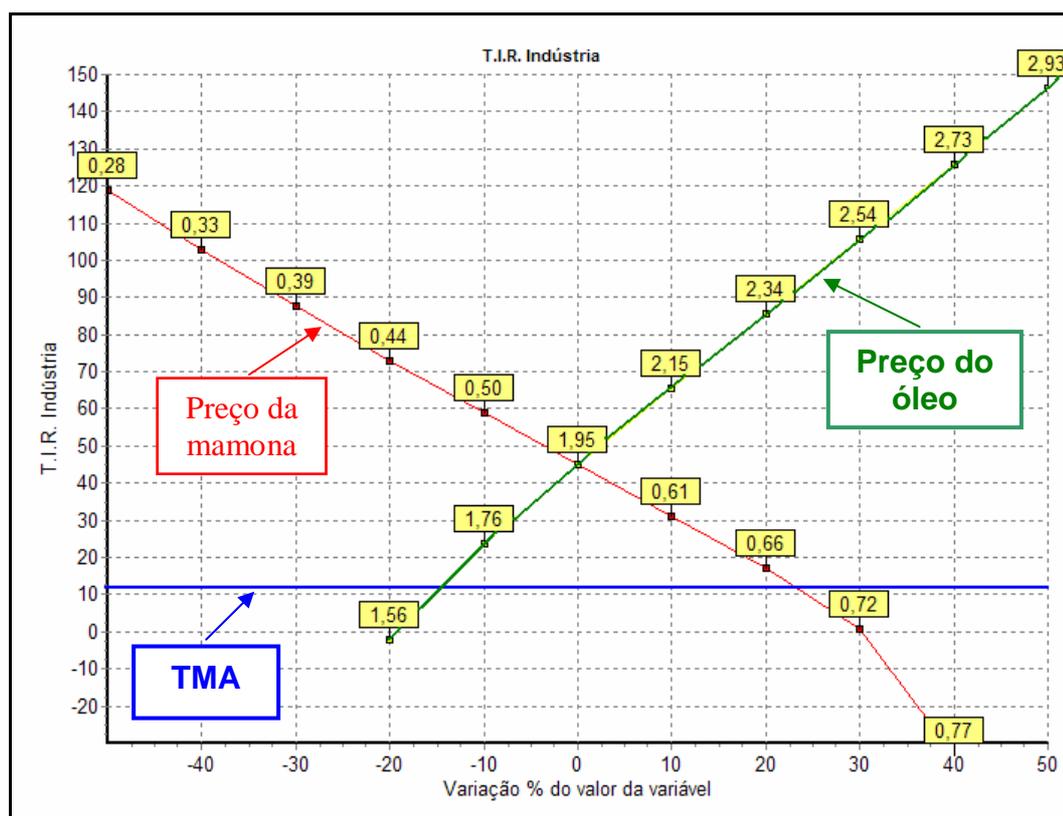


Figura 22 – Análise de sensibilidade para o Modelo 3.

Observa-se que variações individuais nos preços da mamona e do óleo têm grandes repercussões sobre a rentabilidade do projeto, evidenciando a vulnerabilidade do empreendimento a possíveis variações de preços. Se, por exemplo, o preço do óleo vegetal diminuir em 20 %, os valores da TIR dos três projetos serão menores que a TMA proposta, o que torna os projetos inviáveis, financeiramente. No entanto, há um comportamento específico da TIR em relação a flutuações de preço, para cada modelo proposto. Desta forma, é evidente que o Modelo 3 é menos vulnerável a pequenas flutuações, apresentando viabilidade para quedas de até 15 % aproximadamente, no preço de venda do óleo, o que pode ser observado na Figura 22.

É importante, no entanto, entender que a sustentabilidade da cadeia depende da renda obtida pelos agricultores, sendo esta uma das principais preocupações do Ministério de Desenvolvimento Agrário, sendo possível a utilização do sistema BioSoft para avaliação de rentabilidade da agricultura, além da rentabilidade da indústria, permitindo, ainda, verificar se esta

rentabilidade está compatível com as necessidades de cada região brasileira. Caso a rentabilidade não seja adequada, avalia-se a possibilidade de aumento desta, a partir da transferência de recursos das unidades de extração de óleo, a partir da oleaginosa ofertada.

As figuras 23, 24 e 25 mostram o efeito da variação de preço da mamona em baga sobre a TIR da indústria e sobre a renda mensal das famílias da agricultura familiar, envolvidas nos modelos.

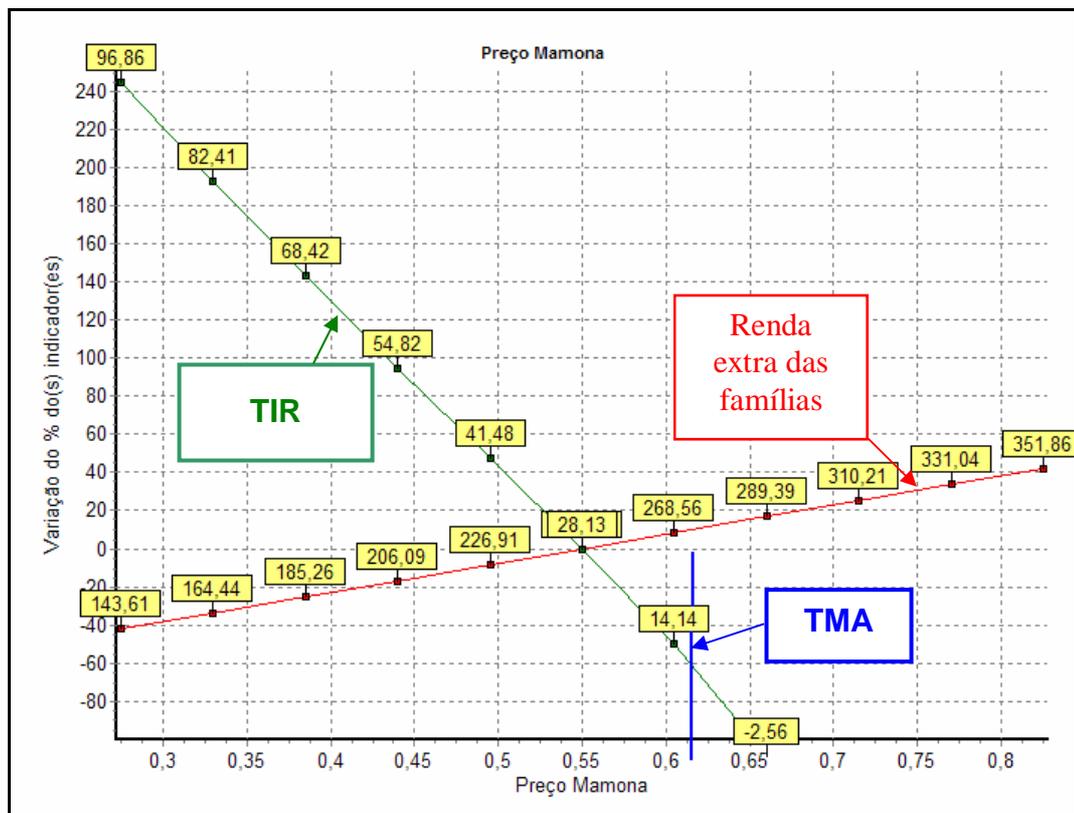


Figura 23 – Efeito da variação no preço da mamona sobre a TIR da indústria e sobre a renda mensal das famílias no Modelo 1.

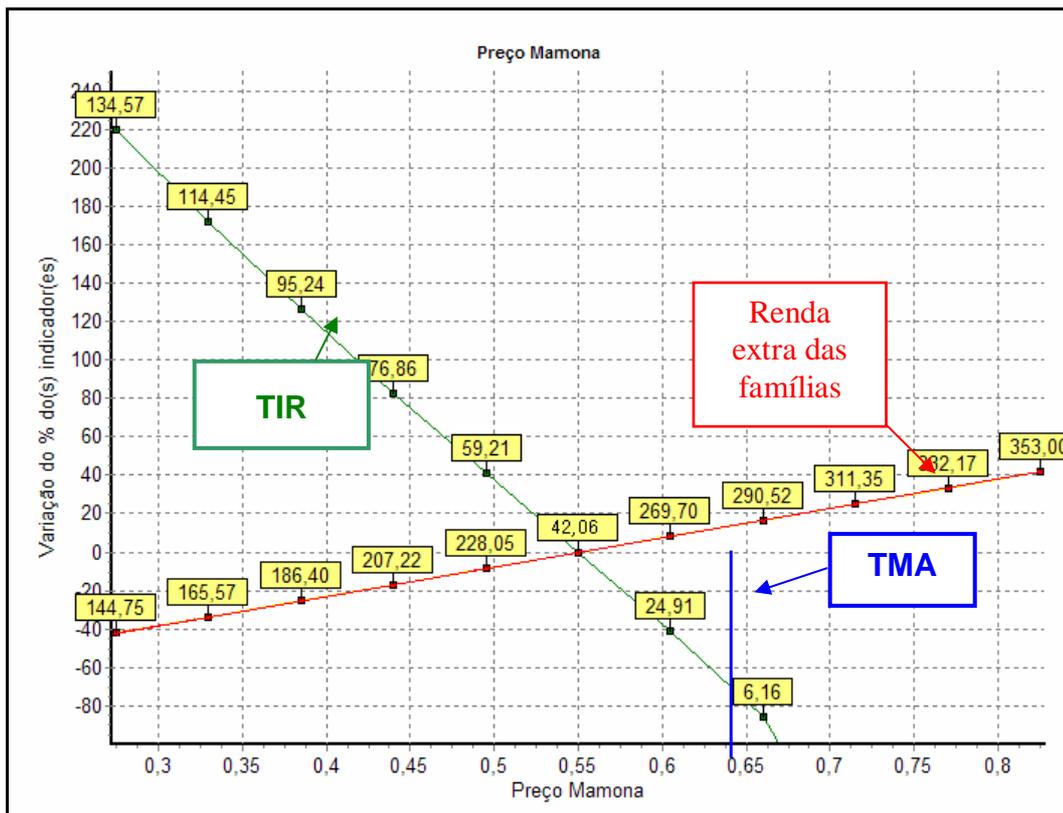


Figura 24 – Efeito da variação no preço da mamona sobre a TIR da indústria e sobre a renda mensal das famílias no Modelo 2.

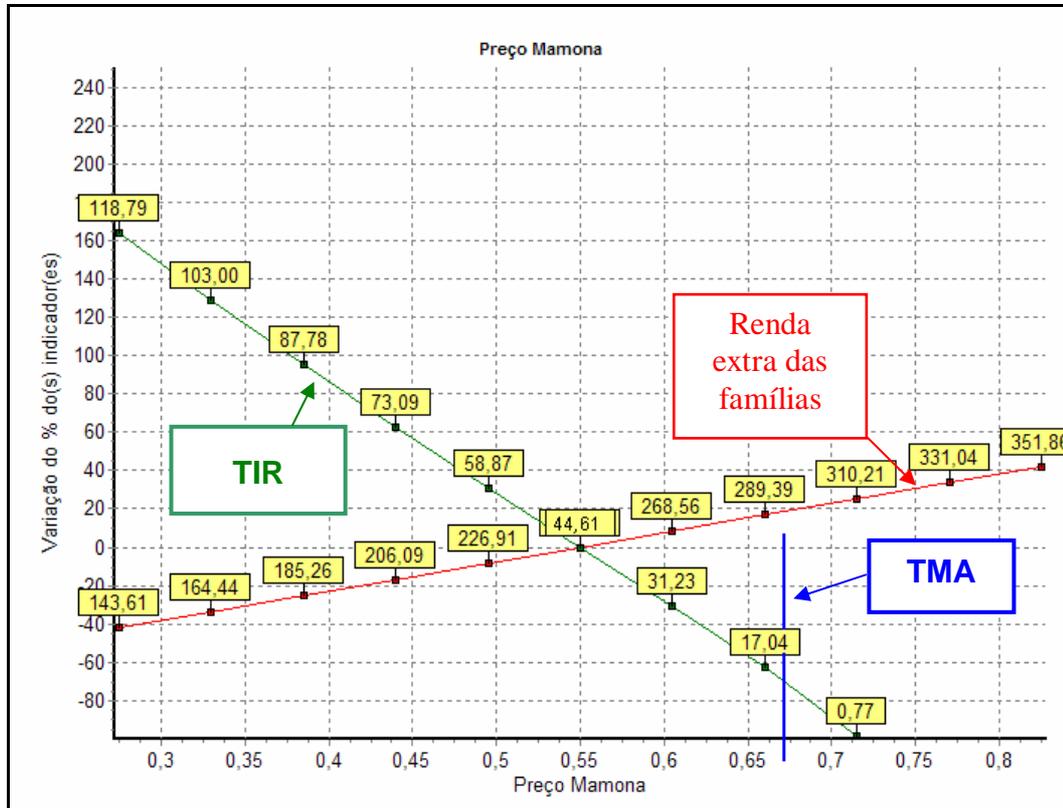


Figura 25 – Efeito da variação no preço da mamona sobre a TIR da indústria e sobre a renda mensal das famílias no Modelo 3.

Este tipo de análise permite verificar a sustentabilidade da cadeia produtiva, a partir da verificação dos recursos obtidos pelos agricultores para remuneração de suas atividades, bem como a renda adicional, descontados todos os custos de produção. É possível, ainda, avaliar a sustentabilidade da indústria, determinando até que ponto é possível transferir renda a agricultura sem prejudicar a remuneração da indústria.

No que se refere às questões econômicas, relacionadas ao investimento, é possível no Modelo 1, em função de um menor investimento individual de cada uma das 18 prensas (investimento de R\$ 913.757,01), pensar em pequenas associações, assumindo os investimentos e contando com a participação na administração das unidades, unidades estas que ficariam mais próximas aos agricultores. No Modelo 2, o investimento por unidade é maior (R\$ 2.103.501,22), implicando a necessidade de reunir mais associados de forma a captar os recursos necessários aos investimentos. No Modelo 3, para levantamento dos recursos necessários para o investimento inicial (R\$ 15.465.556,33), há necessidade de reunir diversas associações de agricultores no intuito de captar recursos, o que gera maior conflito de interesses, além de um distanciamento entre os agricultores e a administração da unidade de extração, dificultando a participação dos mesmos nas decisões.

Destaca-se ainda, um maior aproveitamento da torta, utilizando-se a tecnologia proposta no Modelo 3, sendo diminuído o óleo residual na torta, e os desperdícios reduzidos. Por outro lado, considerando-se que os produtores associados e fornecedores de matéria-prima são os maiores interessados na utilização da torta de mamona como fertilizante, o Modelo 3 implica uma maior distância entre a indústria e as áreas de produção, dificultando o retorno da torta à agricultura, ou mesmo aumentando seus custos de transporte.

A Tabela 9 representa, esquematicamente, a concentração de torta, número de associações e concentração de recursos por unidade individual de produção, em cada modelo proposto.

Tabela 9 – Representação esquemática da concentração de torta, número de associações e concentração de recursos por unidade individual de produção para os Modelos propostos

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Concentração de torta	▲	↑	↑↑
Nº de associações por unidade	▲	↑	↑↑
Concentração de recursos	▲	↑	↑↑

em que

▲ = baixa influência; ↑ = média influência; ↑↑ = alta influência.

## 6. CONCLUSÕES

O estudo propiciou o desenvolvimento de uma proposta de modelos, que permitem a sustentabilidade a partir da geração de renda adicional à agricultura familiar, baseado na extração de óleo vegetal de mamona para a produção de biodiesel, permitindo ainda que estes participem no mercado de energia renovável, que é uma oportunidade de novos negócios devido à demanda crescente por biocombustíveis.

O estudo envolveu a busca de informações sobre as tecnologias utilizadas, a elaboração de orçamentos de equipamentos e outros itens necessários à implantação das unidades de extração de óleo vegetal, bem como a avaliação de preços de insumos e produto final para o desenvolvimento de análises econômico-financeiras para os modelos propostos.

Os três modelos apresentaram viabilidade econômico-financeira, o que permite efetivas implantações. Identificou-se que o modelo que envolve a extração mista (mecânica e química) de mamona (Modelo 3) apresenta resultados mais satisfatórios. Além dos indicadores de viabilidade, verificou-se o menor custo unitário de produção, o que permite condições mais favoráveis para inserção no Programa Brasileiro de Biodiesel. No entanto, este modelo diminui a chance de descentralização da administração e acarreta a necessidade de reunir várias entidades, para levantar os recursos necessários aos investimentos. Ressalta-se, ainda, que este modelo dificulta a obtenção de financiamento e a participação dos produtores na gestão, o que pode gerar conflitos, além de acarretar transtornos no transporte da torta às propriedades, onde poderá ser utilizada como fertilizante.

Em virtude de envolver um maior número de unidades descentralizadas, o Modelo 1 demanda maior quantidade de mão-de-obra operacional, o que pode ser interessante dentro de uma política de geração de empregos.

Portanto, para uma possível tomada de decisão no sentido de instalar unidades de produção de acordo com os modelos propostos, sugere-se a participação de representantes da agricultura familiar no intuito de prover discussões, buscando o atendimento aos anseios dos agricultores, que são os maiores beneficiados com a atividade.

Para trabalhos futuros, sugere-se a utilização de outras oleaginosas como matéria-prima para produção de óleo vegetal, como o dendê ou mesmo o pinhão-manso, que vem ganhando destaque no País, além de outras culturas de interesse. Sugere-se ainda, em função da disponibilidade de matéria-prima, a avaliação de novas escalas de produção, o que pode favorecer novas propostas de investimento, permitindo inclusive novas conclusões sobre viabilidade de unidades de extração de óleo em pequena escala, contribuindo para a articulação de iniciativas de interesse à agricultura familiar. Ainda, sugere-se a utilização dos dados relacionados a geração de postos de trabalho, para uma avaliação de impacto social devido a possíveis implantações dos modelos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOISSA, 2006. **Aboissa – Óleos Vegetais**. Disponível em: <<http://www.aboissa.com.br/>>. Acesso em 10 de janeiro de 2007.

ALTER, S.L. **Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenge**. Reading, Addison-Wesley. MA, 1980.

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

ANP. **Agência Nacional do Petróleo**. Disponível em <[www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)>

BATALHA, M. O. (organizador), **Gestão Agroindustrial: GEPAI – Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais**, Volume 1, 2º ed. – São Paulo: Atlas, 2001.

BELTRÃO, N. E. M.; ARAÚJO, A. E.; GONÇALVES, N. P.; AMARAL, J. A. B.; SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; QUEIROZ, U. C. **Oferta ambiental via zoneamento agroecológico, para a ricinocultura na região norte de Minas Gerais**. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA - Energia e Sustentabilidade, 1, 2004, Campina Grande, PB.. CD-ROM, 2004.

BEZERRA, R. T. R. **Extração do óleo de babaçu (orbignia martiana) por prensagem contínua**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 73 p. Dissertação (Mestrado

em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.

BORGES, M. C.; PEREZ, R.; SILVA JÚNIOR, A. G.; ALMEIDA JUNIOR, J. F. **Decision support system related to the biodiesel program in Brasil.** In: Applied Modeling and Simulation, 2006 – AMS 2006, Búzios – RJ, Brasil.

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.

CADERNOS NAE, nº 2, 2004. **Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica** – Estudos estratégicos, Brasil, nº 2, Brasília: 2004.

COSENZA, C. A. N. Tamanho do projeto e economias de escala In: CLEMENTE, A. (Organizador), **Projetos empresariais e públicos**, São Paulo: Atlas, 1998.

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

COELHO, J. C. **Biomassa, biocombustíveis, bioenergia.** Brasília, DF: Ministério das Minas e Energia, Secretaria Geral, Secretaria de Tecnologia, 1982. 100 p.

CONTADOR, C. R. **Avaliação social de projetos.** São Paulo: Atlas, 1981. 301 p.

**Decreto n.º 5.297**, de 6 de dezembro de 2004; publicado no **Diário Oficial da União** em 06 de dezembro de 2004.

FARO, C. **Critérios quantitativos para a avaliação e seleção de projetos de investimento**. Rio de Janeiro: IPEA; INPES, 1971. 142 p.

FERGUSON, C. E. **Teoria microeconômica**. 15 ed. Rio de Janeiro, Forense-Universitária, 1991. 664 p.

GARCIA, A. R. **Análise técnico-econômica do uso dos óleos de mamona e mineral como lubrificantes do conjunto de corte de motosserras**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 64 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.

HOLANDA, N. **Planejamento e projetos**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1983. 402 p.

HOMEM, G. R. **Avaliação técnico-econômica e análise locacional de unidade processadora de soro de queijo em Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 230 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.

IPEADATA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>> Acesso em: 10 de agosto de 2006.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Pesquisas com biodiesel se espalham pelo país**. 2003. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>> . Acesso dia: 15/09/2005.

IVIG - **Instituto de Mudanças Globais**. Projeto Biodiesel. 2005. Disponível em: <<http://www.ivig.coppe.ufrj.br>> . Acesso dia: 10/09/2005.

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).

LAWSON, H. **Food oils and fats: technology, utilization and nutrition**. New York: Chapman & Hall, 1995.

**Lei n. 11.097**, de 13 de janeiro de 2005; publicada no **Diário Oficial da União** em 14 de janeiro de 2005.

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.

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

MDA, **Ministério do Desenvolvimento Agrário**. Disponível em <[www.mda.gov.br](http://www.mda.gov.br)>

MELLO, G. R. A. V. **Economia de escala e eficiência econômica da produção de leite**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 127 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

M.I. & I.F.Q.C., 2006. METHANOL INSTITUTE AND INTERNATIONAL FUEL QUALITY CENTER, 2006. A biodiesel primer: market e publicpolicy developments, quality, standards e handling. Methanol Institute and International Fuel Quality Center. April of 2006.

MINAS GERAIS. Geoprocessamento em Minas Gerais – GEOMINAS. Programa integrado de uso da tecnologia de geoprocessamento pelos órgãos do Estado de Minas Gerais: dados sobre Minas. PRODEMGE, 1996. <<http://www.geominas.mg.gov.br/>>. Acessado em: 07 nov. 2006.

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

MME, **Ministério das Minas e Energia**. Disponível em <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>

MORETTO, E.; FETT, R.; **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1989.

NATIONAL BIODIESEL BOARD, 2007. Disponível em: <<http://www.biodiesel.org/>>. Acesso em 15 de fevereiro de 2007.

NAPPO, M. GT1 – Garantia da Disponibilidade de Biodiesel. Seminário “Biodiesel: Expandindo o Uso”. Associação Brasileira de Engenharia Automotiva. 04 de agosto de 2005. Disponível em: <<http://www.aea.org.br>>. Acesso em: 18/09/2005

NEVES, A. L. R. A. **Viabilidade técnico-econômica e análise de risco da implantação de microcervejarias no Brasil**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.

NORONHA, J. F. **Projetos agropecuários**. Administração financeira, orçamento e avaliação econômica. Piracicaba: FEALQ, 1981. 274 p.

OLIVEIRA, L. A. **Localização, número e dimensionamento de unidades armazenadoras comunitárias**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 81 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, 1987

OLIVEIRA, L. B.; DA COSTA, A. O.; **Biodiesel: uma experiência de desenvolvimento sustentável**; In: Congresso Brasileiro de Energia, 2002; Rio de Janeiro. Anais do IX Congresso Brasileiro de Energia, Rio de Janeiro: COPPE, 2002; Vol. IV; p. 1772-1779.

OIL WORLD ANNUAL 2005, Hamburg, junho de 2005.

OIL WORLD ANNUAL 2006, Boston, outubro de 2006.

PETROBRÁS, 2006. Plano de negócios – 2007/2011. Disponível em : <[www.petrobras.com.br](http://www.petrobras.com.br)> Acesso em 20 de dezembro de 2006.

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

PORTAL DO BIODIESEL, 2006. Disponível em <[www.biodieselbr.com](http://www.biodieselbr.com)>. Acesso

PRONAF, 2006. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/saf/>>,. Acesso em: 15 de setembro de 2006.

REGINATO-D'ARCE, M.A.B. **Ensaio de extração de óleo de girassol (Helianthus annuus L.) com álcool etílico**. Piracicaba, SP: ESALQ-USP, 1985. 133 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, 1985.

ROSEGRANT, M. W.; MSANGI, S.; SULSER, T.; VALMONTE-SANTOS, R. **Biofuels and the global food balance**. In: HAZELL, P.; PACHAURI, R. K. Bioenergy and agriculture: Promises and Challenges. For Food, Agriculture, and the environment – 2006.

SANTOS, R. F.; BARROS, A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. T.; REQUIÃO, L.E.G. **Análise econômica**. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**: EMBRAPA-SPI, 2001. p.17-35.

SANTOS, R. F.; BARROS, M. A. L. **Cultivo da mamona**. In: **EMBRAPA – Sistemas de Produção**, 4 ISSN 1678-8710 Versão Eletrônica, Jan/2003. Disponível: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona/importancia.htm>> Acesso em abril de 2006.

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

TECBIO – Tecnologias Bioenergéticas Ltda. **Biodiesel no Brasil: Nordeste semi-árido**. 2005. Disponível em: <[www.tecbio.com.br](http://www.tecbio.com.br)>. Acesso em: 19/11/2005.

USDA, 2006. **United States Department of Agriculture – Foreign Agricultural Service**. Disponível em:

<<http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/2006/06-05/table9.pdf>>

Acesso em 15 de janeiro de 2007.

VILAR, A. A. I., **O uso do biodiesel de mamona como fonte alternativa de energia: possíveis repercussões sobre o semi-árido**. Recife, PE: UFPE, 2006, 106 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, 2006.

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.

WHITE, P.J. Fatty acids in oilseeds (vegetable oils). In: WHITE, P.J. **Fatty acids in foods and their health implications**. New York, NY: Marcel Dekker, v.1, 1992.