

Fábio Carramenha

Estudo de viabilidade técnica e econômica da produção de biodiesel em escala industrial no Brasil.

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT para a obtenção do título de Mestre em Processos Industriais.

Área de concentração: Processos Industriais da Engenharia Química.

Orientador: Dr. João Guilherme Rocha Poço

São Paulo

Novembro/2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Departamento de Acervo e Informação Tecnológica – DAIT
do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

C312e Carramenha, Fábio
Estudo de viabilidade técnica e econômica da produção de biodiesel em escala industrial no Brasil. / Fábio Carramenha. São Paulo, 2007.
386p.

Dissertação (Mestrado em Processos Industriais) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Desenvolvimento e Otimização de Processos Industriais.

Orientador: Prof. Dr. João Guilherme Rocha Poço

1. Biocombustível 2. Biodiesel 3. Viabilidade econômica 4. Análise de risco 5. Escala industrial 6. Brasil 7. Tese I. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Coordenadoria de Ensino Tecnológico II. Título

08-04

CDU 662.767.5(043)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Marilena Poltronieri Carramenha, ao meu pai Flávio Antônio Carramenha (*in memoriam*) e a todos aqueles que fizerem uso do conhecimento aqui compartilhado em prol da humanidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao meu orientador Dr. João Guilherme Rocha Poço (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) pela inestimável dedicação, ajuda e incentivo para a realização deste trabalho.

Em segundo lugar gostaria de agradecer a todos aqueles que participaram de forma adjuvante na realização desta obra:

Dr. Eduardo Machado

(Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo)

Dr. Paulo Britto

(Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo)

Dr. Luiz Pereira Ramos

(Universidade Federal do Paraná)

Dr. Décio Gazzoni

(Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária)

Dr. Paulo Suarez

(Universidade de Brasília)

Dr. Michael Haas

(United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Eastern Regional Research Center)

RESUMO

O objetivo deste trabalho é o estudo detalhado de todos os fatores influentes na produção de biodiesel no Brasil em escala industrial englobando: matérias-primas, processos, cadeias produtivas, estimativa do mercado potencial, legislação e programas governamentais de incentivo. Fundamentando-se no teor destas últimas análises foram realizados estudos de viabilidade técnica e econômica focados na identificação, mensuração e avaliação das variáveis influentes na tomada de decisão do investidor na aplicação de recursos na produção de biodiesel. A metodologia aplicada, aliada a uma sólida base teórica desenvolvida; constituem uma ferramenta para a avaliação técnica e econômico-financeira da produção e do mercado de biodiesel no Brasil.

Os resultados obtidos mostram que o biodiesel só será competitivo com o diesel mineral no longo prazo com a redução da oferta e do aumento do preço do petróleo no mercado internacional, a consolidação da infraestrutura de produção e popularização do produto no mercado consumidor. A “verticalização” da produção de biodiesel, isto é, a integração das unidades agrícola, extratora de óleo e produtora de biodiesel numa única planta constitui uma das soluções para a redução dos custos de produção no curto prazo. Por outro lado, verificou-se que a comercialização de misturas de biodiesel e diesel mineral viabilizam a aplicação do biocombustível no mercado, entretanto a concessão de incentivos governamentais é condição necessária para isso.

Palavras-chaves: biocombustíveis, biodiesel, viabilidade econômica, análise de risco, sensibilidade, escala industrial.

ABSTRACT

The objective of this work is the detailed study of all the relevant factors in the biodiesel Brazilian production, at industrial scale, involving: raw materials, processes, productive chains, potential market estimation, legislation and incentive governmental programs. Basing on the content of these last evaluations were conducted technical feasibility and economic studies focused in the identification, measurement and evaluation of the influential variables in the investor's decision in the application of resources in the biodiesel production. The methodology applied, allied with a solid theoretical base developed; constitute a tool for the technical evaluation and financial analysis of the production and of the biodiesel market in Brazil.

The obtained results show that the biodiesel will be competitive with mineral diesel in the long term from the reduction of supply and the price increase of oil on the international market; the production infrastructure consolidation and biodiesel popularization in the consumer market. The "vertical union" of biodiesel production, that is, the integration of the agricultural, oil extractor and biodiesel producer units in a unique plant is one of the solutions for the reduction of production costs in the short term. Otherwise was found that the marketing of biodiesel and diesel blends enables the biofuel application on the market, however the granting of government incentives is a necessary condition for that.

Key-words: biofuels, biodiesel, economic feasibility, risk analysis, sensitivity, industrial scale.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1: A reação de transesterificação. R_1, R_2 e R_3 são cadeias de	32
Figura 4.2: Efeitos do biodiesel sobre as emissões.....	41
Figura 4.3: Rotas tecnológicas para a produção de combustíveis a.....	49
Figura 4.4: Diagrama de blocos do processo de transesterificação por batelada.....	50
Figura 4.5: Diagrama de blocos do processo de	52
Figura 4.6: Diagrama de blocos de processo de pré-tratamento com catalisador ácido	53
Figura 4.7: Fluxograma de processo de craqueamento	54
Figura 4.8: Protótipo de planta	56
Figura 4.9: Diagrama de blocos do processo H-BIO típico em.....	57
Figura 4.10: Processo de transesterificação por microondas	60
Figura 4.11: Produção de microemulsões com nanopartículas	61
Figura 5.1: Percentuais mínimos de misturas de biodiesel ao.....	68
Figura 5.2: Fluxograma do processo de transesterificação.....	74
Figura 5.3: Fluxograma do processo de pré-tratamento de óleo ou gordura vegetal.....	81
Figura 6.1: Produção mundial de biodiesel no período de	83
Figura 6.2: Plantas de biodiesel no território dos Estados	89
Figura 6.3: Estruturas de taxas do Selo Combustível Social.....	95
Figura 6.4: Plantas de biodiesel autorizadas pela ANP até 19/10/07.....	97
Figura 6.5: Cerca viva de pinhão manso.....	106
Figura 6.6: Variação de preços da glicerina entre 2001 e	108
Figura 6.7: Variação de preços da glicerina refinada tipo Kosher no	114
Figura 7.1: Matérias-primas potenciais para a produção de biodiesel brasileira.....	122
Figura 7.2: Área disponível para extensão da	123
Figura 7.3: Distribuição por estado da capacidade.....	125
Figura 7.4: Usinas sucroalcooleiras no Brasil e áreas com potencial de expansão do cultivo de cana-de-açúcar.....	127
Figura 7.5: Ciclo de produção da mamona	128
Figura 7.6: Processo de extração do óleo de mamona.....	129
Figura 7.7: Condições de cultivo da mamona: área, produção	131
Figura 7.8: Ciclo de produção do dendê	135
Figura 7.9: Método de extração de óleo de dendê.....	135
Figura 7.10: Condições de cultivo do dendê:.....	138
Figura 7.11: Ciclo de.....	141
Figura 7.12: Método de extração de óleo de colza	142
Figura 7.13: Ciclo da soja.....	143
Figura 7.14: Método de extração de óleo de soja.....	144
Figura 7.15: Ciclo do girassol	150
Figura 7.16: Método de extração de óleo de girassol	151
Figura 7.17: Cadeia produtiva de pecuária de corte	155
Figura 8.1: Cadeia produtiva e de comercialização do biodiesel no Brasil.....	160
Figura 8.2: Infra-estrutura de transporte e distribuição de combustíveis	162
Figura 8.3: Mapa de localização das refinarias, planta de industrialização de xisto e centrais petroquímicas brasileiras.....	163
Figura 8.4: Modelo de produtivo de biodiesel para a região Norte.....	165
Figura 8.5: Modelo de produtivo de biodiesel para a região Nordeste.....	167
Figura 8.6: Modelo de produtivo de biodiesel para a região Centro-Oeste.....	168
Figura 8.7: Modelo de produtivo de biodiesel para a região Sudeste.....	170
Figura 8.8: Modelo de produtivo de biodiesel para a região Sul.....	172
Figura 9.1: Fluxograma de utilização dos softwares <i>Excel</i> e <i>@RISK</i>	179
Figura 9.2: Planilha em <i>Excel</i> do modelo.....	181
Figura 9.3: Planilha auxiliar: tabela de dados da planta.....	185
Figura 9.4: Relação entre custos de produção, lucros e preços de venda.....	194
Figura 9.5: Exemplo típico de resultados gráficos de simulação de cenário.....	197
Figura 9.6: Gráfico comparativo entre custos de extração.....	199
Figura 9.7: Variação e projeções do preço internacional do	200
Figura 9.8: Variação do preço do barril do petróleo	201
Figura 9.9: Variação e projeções do preço internacional do óleo	202
Figura 9.10: Gráficos comparativos dos resultados –região norte.....	205
Figura 9.11: Gráficos comparativos dos resultados –região nordeste.....	211
Figura 9.12: Gráficos comparativos dos resultados –região centro-oeste.....	217
Figura 9.13: Gráficos comparativos dos resultados –região sudeste.....	223
Figura 9.14: Gráficos comparativos dos resultados –região sul.....	229
Figura 9.15: Gráficos comparativos dos resultados – Brasil.....	235
Figura 10.1: Aumento percentual da mistura biodiesel-diesel mineral em relação a concentração de biodiesel da mistura para condição de tributação padrão sem consideração de selo combustível social.....	242
Figura 10.2: Aumento percentual da mistura biodiesel-diesel mineral em relação a concentração de biodiesel da mistura para condição de tributação considerando o selo combustível social.....	243

Figura 10.3: Aumento percentual da mistura biodiesel-diesel mineral em relação a concentração de biodiesel da mistura para considerando isenção fiscal total nos preços do biodiesel.....	244
Figura C.1: Gráficos com resultados da simulação do cenário-1.	298
Figura C.2: Gráficos com resultados da simulação do cenário-2.	301
Figura C.3: Gráficos com resultados da simulação do cenário-3.	304
Figura C.4: Gráficos com resultados da simulação do cenário-4.	307
Figura C.5: Gráficos com resultados da simulação do cenário-5.	310
Figura C.6: Gráficos com resultados da simulação do cenário-6.	313
Figura C.7: Gráficos com resultados da simulação do cenário-7.	316
Figura C.8: Gráficos com resultados da simulação do cenário-8.	319
Figura C.9: Gráficos com resultados da simulação do cenário-9.	322
Figura C.10: Gráficos com resultados da simulação do cenário-10.	325
Figura C.11: Gráficos com resultados da simulação do cenário-11.	328
Figura C.12: Gráficos com resultados da simulação do cenário-12.	331
Figura C.13: Gráficos com resultados da simulação do cenário-13.	334
Figura C.14: Gráficos com resultados da simulação do cenário-14.	337
Figura C.15: Gráficos com resultados da simulação do cenário-15.	340
Figura C.16: Gráficos com resultados da simulação do cenário-16.	343
Figura C.17: Gráficos com resultados da simulação do cenário-17.	346
Figura C.18: Gráficos com resultados da simulação do cenário-18.	349
Figura C.19: Gráficos com resultados da simulação do cenário-19.	352
Figura C.20: Gráficos com resultados da simulação do cenário-20.	355
Figura C.21: Gráficos com resultados da simulação do cenário-21.	358
Figura C.22: Gráficos com resultados da simulação do cenário-22.	361
Figura C.23: Gráficos com resultados da simulação do cenário-23.	364
Figura C.24: Gráficos com resultados da simulação do cenário-24.	367
Figura C.25: Gráficos com resultados da simulação do cenário-25.	370
Figura C.26: Gráficos com resultados da simulação do cenário-26.	373
Figura C.27: Gráficos com resultados da simulação do cenário-27.	376
Figura C.28: Gráficos com resultados da simulação do cenário-28.	379
Figura C.29: Gráficos com resultados da simulação do cenário-29.	382
Figura C.30: Gráficos com resultados da simulação do cenário-30.	385

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Influências das propriedades físico-químicas nos sistemas de injeção.....	42
Tabela 4.2: Classificação das matérias-primas para a produção de biodiesel	43
Tabela 4.3: Produção de óleo de várias culturas de plantas oleaginosas	44
Tabela 4.4: Comparação entre o uso do metanol e do etanol na produção de biodiesel.....	46
Tabela 5.1: Capacidade instalada e produção das plantas de biodiesel.	69
Tabela 5.2: Folha de dados da planta de transesterificação	75
Tabela 5.3: Folha de dados da planta de pré-tratamento de óleo e gordura animal.....	82
Tabela 6.1: Produção mundial de biodiesel no ano de 2006.	84
Tabela 6.2: Programas de apoio para a promoção do uso de biodiesel na	86
Tabela 6.3: Outras políticas de promoção da difusão.	86
Tabela 6.4: Principais programas de incentivos dos EUA para a produção de biodiesel	90
Tabela 6.5: Políticas e atividades do governo federal brasileiro e outros	94
Tabela 6.6: Principais ações para o uso de biodiesel combustível no Japão.....	100
Tabela 6.7: Consumo de combustíveis fósseis em 2003 na China	101
Tabela 6.8: Programa pinhão manso indiano	103
Tabela 6.9: Produção e consumo de glicerina refinada nos Estados	109
Tabela 6.10: Condições da produção de	111
Tabela 6.11: Aplicação da glicerina na	112
Tabela 6.12: Previsões da cotação da glicerina	113
Tabela 6.13: Condições de introdução e programas de incentivo do biodiesel em cada país.....	116
Tabela 7.1: Oleaginosas brasileiras para a produção de biodiesel	119
Tabela 7.2: Matérias-primas não consideradas e razões de sua exclusão.	121
Tabela 7.3: Expansão agrícola estimada para o suprimento de B5.	124
Tabela 7.4: Métodos de extração de óleo e material-primas aplicáveis.	124
Tabela 7.5: Produção de mamona no Brasil	130
Tabela 7.6: Extrato de custos e rentabilidade do plantio de mamona na Bahia.....	132
Tabela 7.7: Principais estados produtores de dendê no ano de 2003.....	137
Tabela 7.8: Custo de produção do dendê em R\$/hectare	139
Tabela 7.9: Renda do cultivo de dendê	139
Tabela 7.10: Condições de cultivo da soja.....	145
Tabela 7.11: Variação da área cultivada de soja em milhares de hectares	145
Tabela 7.12: Variação da produção de soja em milhares de toneladas.....	146
Tabela 7.13: Custo de produção da soja no ano de 2005/2006	146
Tabela 7.14: Capacidade de armazenamento de soja por região no Brasil.....	147
Tabela 7.15: Variação dos preços dos produtos de soja	147
Tabela 7.16: Renda do cultivo de soja	147
Tabela 7.17: Estoque, produção, importação, exportação, demanda.....	148
Tabela 7.18: Exportação de produtos da soja em milhares de toneladas	149
Tabela 7.19: Uso de óleo e subprodutos.....	151
Tabela 7.20: Variação da área cultivada de girassol por região em milhares de hectares	151
Tabela 7.21: Variação da produtividade do girassol por região em quilos por hectare	152
Tabela 7.22: Custo de Produção do	152
Tabela 7.23: Renda no cultivo do girassol	153
Tabela 7.24: Abate de bovinos no Brasil.....	154
Tabela 7.25: Produtos e subprodutos de um abate.....	156
Tabela 7.26: Matérias-primas potenciais para a produção de biodiesel no Brasil.	157
Tabela 9.1: Parâmetros utilizados para as variáveis de entrada do modelo.	188
Tabela 9.2: Variáveis de saída do modelo.	190
Tabela 9.3: Quadros de cenários e resumo dos resultados das simulações.	191
Tabela 9.4: Cotações de referência para os preços do diesel mineral.....	202
Tabela 9.5: Cenários mais favoráveis para o investimento na.....	234
Tabela 10.1: Relação de preços de venda do biodiesel no Brasil e preço de venda do barril de petróleo.	239
Tabela 10.2: Preços de venda das misturas B2 e B5 e aumentos em relação ao diesel mineral puro.	241
Tabela 10.3: Aumento percentual da mistura biodiesel-diesel mineral em relação a concentração de biodiesel da mistura para condição de tributação padrão sem consideração de selo combustível social.	242
Tabela 10.4: Aumento percentual da mistura biodiesel-diesel mineral em relação a concentração de biodiesel da mistura para condição de tributação considerando o selo combustível social.	243
Tabela 10.5: Aumento percentual da mistura biodiesel-diesel mineral em relação a concentração de biodiesel da mistura para considerando isenção fiscal total nos preços do biodiesel.....	244
Tabela A.1: Vazões mássicas das correntes do processo de transesterificação etílica.	262
Tabela A.2: Vazões volumétricas das correntes do processo de transesterificação etílica.	264
Tabela A.3: Vazões mássicas das correntes do processo de transesterificação metílica.	266
Tabela A.4: Vazões volumétricas das correntes do processo de transesterificação metílica.....	268
Tabela A.5: Vazões mássicas das correntes do processo de pré-tratamento de óleo ou gordura animal esterificação etílica.....	270
Tabela A.6: Vazões volumétricas das correntes do processo de pré-tratamento de óleo ou gordura animal esterificação etílica.	271

Tabela A.7: Vazões mássicas das correntes do processo de pré-tratamento de óleo ou gordura animal esterificação metílica.....	272
Tabela A.8: Vazões volumétricas das correntes do processo de pré-tratamento de óleo ou gordura animal esterificação metílica.....	273
Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo.....	275
Tabela B.2: Custos dos equipamentos e construção da planta de biodiesel.....	293
Tabela C.1: Resultados de simulação – cenário-1.....	296
Tabela C.2: Resultados de simulação – cenário-2.....	299
Tabela C.3: Resultados de simulação – cenário-3.....	302
Tabela C.4: Resultados de simulação – cenário-4.....	305
Tabela C.5: Resultados de simulação – cenário-5.....	308
Tabela C.6: Resultados de simulação – cenário-6.....	311
Tabela C.7: Resultados de simulação – cenário-7.....	314
Tabela C.8: Resultados de simulação – cenário-8.....	317
Tabela C.9: Resultados de simulação – cenário-9.....	320
Tabela C.10: Resultados de simulação – cenário-10.....	323
Tabela C.11: Resultados de simulação – cenário-11.....	326
Tabela C.12: Resultados de simulação – cenário-12.....	329
Tabela C.13: Resultados de simulação – cenário-13.....	332
Tabela C.14: Resultados de simulação – cenário-14.....	335
Tabela C.15: Resultados de simulação – cenário-15.....	338
Tabela C.16: Resultados de simulação – cenário-16.....	341
Tabela C.17: Resultados de simulação – cenário-17.....	344
Tabela C.18: Resultados de simulação – cenário-18.....	347
Tabela C.19: Resultados de simulação – cenário-19.....	350
Tabela C.20: Resultados de simulação – cenário-20.....	353
Tabela C.21: Resultados de simulação – cenário-21.....	356
Tabela C.22: Resultados de simulação – cenário-22.....	359
Tabela C.23: Resultados de simulação – cenário-23.....	362
Tabela C.24: Resultados de simulação – cenário-24.....	365
Tabela C.25: Resultados de simulação – cenário-25.....	368
Tabela C.26: Resultados de simulação – cenário-26.....	371
Tabela C.27: Resultados de simulação – cenário-27.....	374
Tabela C.28: Resultados de simulação – cenário-28.....	377
Tabela C.29: Resultados de simulação – cenário-29.....	380
Tabela C.30: Resultados de simulação – cenário-30.....	383
Tabela C.31: Valores percentuais do custo das matérias-primas sobre o custo total do biodiesel.....	386

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ANP	Associação Nacional do Petróleo
BCT	Brazil Capital Technologies
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Social e Econômico
CIDE	Contribuição de Intervenção do Domínio Econômico
CPMF	Contribuição Provisória sobre Movimentação Financeira
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
CRS	<i>Common Rail System</i> : sistema de fluxo comum para injeção de diesel e biodiesel.
ENI	Ente Nazionale Idrocarburi
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
EUA	Estados Unidos da América
Febrafarma	Federação Brasileira da Indústria Farmacêutica
GEF	Global Environment Facility
H-BIO	Etapa do processo de hidrotreatamento (HDT) desenvolvida pela Petrobras para refino de diesel mineral, com a utilização de óleos de origem vegetal ou animal. O combustível produzido desta maneira também é denominado H-BIO.
HDA	hidrodesaromatização
HDN	hidrodesnitrogenação
HDO	hidrodesoxigenação
HDS	hidrodesulfurização
HDT	hidrotreatamento
ICMS	imposto sobre circulação de mercadorias e serviços
IPI	imposto sobre produtos industrializados
ISS	imposto sobre serviços
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCT	Ministério de Ciência e Tecnologia
MME	Ministério de Minas e Energia
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
Petrobras	Petróleo Brasileiro S/A.

PIS/PASEP	Programa de Integração Social/Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público.
PROÁLCOOL	Programa Nacional de Álcool.
PROÓLEO	Plano de Produção de Óleos Vegetais para fins Energéticos.
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
UE	União Européia
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS E NOTAÇÕES

BXXX	Notação que identifica a proporção de biodiesel misturado a um combustível fóssil, por exemplo B30 – 30% de biodiesel na mistura do combustível.
CBMM	ácido nióbio.
CO ₂	dióxido de carbono.
€	Euro
HCl	ácido clorídrico.
H ₂ SO ₄	ácido sulfúrico.
H ₃ PO ₄	ácido fosfórico.
KOH	hidróxido de potássio.
K ₃ PO ₄	fosfato de potássio.
NaCl	cloreto de sódio.
NaOH	hidróxido de sódio.
NaOMe	metóxido de sódio
NO _x	óxidos de nitrogênio.
R ₁	ácido graxo de cadeia longa.
R ₂	ácido graxo de cadeia longa.
R ₃	ácido graxo de cadeia longa.
R ₄	representa CH ₃ ou C ₂ H ₅ .
SO _x	óxidos de enxofre.
US\$	Dólares americanos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVO E METODOLOGIA DE PESQUISA	20
2.1	OBJETIVO	20
2.2	METODOLOGIA	20
2.3	RESULTADOS ESPERADOS	22
2.4	ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO	23
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
3.1	HISTÓRICO	26
3.2	ESTADO DA ARTE	29
4	BIODIESEL: DEFINIÇÕES, MATÉRIAS-PRIMAS, PRODUÇÃO, SUBPRODUTOS E APLICAÇÕES	32
4.1	A QUÍMICA DO BIODIESEL	32
4.2	ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O ÓLEO DIESEL DE ORIGEM MINERAL E O BIODIESEL	35
4.2.1	PRÍNCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR DIESEL	35
4.2.2	NÚMERO DE CETANO	36
4.2.3	PODER CALORÍFICO (CALOR DE COMBUSTÃO)	37
4.2.4	LUBRICIDADE	38
4.2.5	PONTO DE NÉVOA E FLUIDEZ	38
4.2.6	PONTO DE FULGOR E VOLATILIDADE	39
4.2.7	VISCOSIDADE	39
4.2.8	ESTABILIDADE A OXIDAÇÃO	40
4.2.9	EMISSÕES DE POLUENTES	40
4.2.10	INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO BIODIESEL NO DESEMPENHO DOS MOTORES DIESEL	42
4.3	MATÉRIAS-PRIMAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL	43
4.3.1	OLÉOS E GORDURAS	43
4.3.2	ÁLCOOL	45
4.3.3	CATALISADORES	47
4.4	ROTAS TECNOLÓGICAS PARA O APROVEITAMENTO DE ÓLEOS VEGETAIS E GORDURA ANIMAL PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS	49
4.4.1	TRANSESTERIFICAÇÃO	50
4.4.2	CRAQUEAMENTO	54
4.4.3	HIDROTRATAMENTO DE ÓLEO DIESEL MINERAL	56
4.4.4	INOVAÇÕES	59
4.5	SUBPRODUTOS DA FABRICAÇÃO DE BIODIESEL	62
4.5.1	GLICERINA	62
4.5.2	TORTAS E FARELOS	64
5	PROCESSOS INDUSTRIAIS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL	65
5.1	ROTAS TECNOLÓGICAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIÁVEIS NO BRASIL	65
5.2	APRESENTAÇÃO DO PROJETO PRELIMINAR DE UMA PLANTA PRODUTORA DE BIODIESEL	66
5.2.1	FILOSOFIA DO PROJETO	66
5.2.2	DEFINIÇÃO DO VOLUME DE PRODUÇÃO	67
5.2.3	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DA PLANTA	70
5.2.4	PLANTA DE TRANSESTERIFICAÇÃO	72
		74
5.2.5	PLANTA DE PRÉ-TRATAMENTO DE ÓLEO E GORDURA ANIMAL	79

6	MERCADO DO BIODIESEL E SEUS SUBPRODUTOS NO BRASIL E NO MUNDO.....	83
6.1	PANORAMA GERAL DO MERCADO DE BIODIESEL.....	83
6.1.1	UNIÃO EUROPÉIA	84
6.1.1.1	ALEMANHA	85
6.1.1.2	FRANÇA.....	87
6.1.1.3	ITÁLIA	87
6.1.2	AMÉRICA DO NORTE.....	88
6.1.2.1	ESTADOS UNIDOS.....	88
6.1.2.2	CANADÁ	90
6.1.3	AMÉRICA DO SUL.....	92
6.1.3.1	BRASIL.....	92
6.1.3.2	ARGENTINA	97
6.1.4	ÁSIA	98
6.1.4.1	JAPÃO	98
6.1.4.2	CHINA	100
6.1.4.3	ÍNDIA.....	102
6.1.4.4	MALÁSIA.....	104
6.1.5	OCEANIA	104
6.1.5.1	AUSTRÁLIA.....	104
6.1.6	ÁFRICA.....	105
6.2	MERCADO DA GLICERINA.....	107
6.3	CONCLUSÕES	115
7	ANÁLISE AGROECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL	119
7.1	POTENCIAL AGRÍCOLA PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL 119	
7.2	MAMONA	128
7.3	DENDÊ	134
7.4	COLZA	141
7.5	SOJA.....	143
7.6	GIRASSOL.....	150
7.7	SEBO BOVINO.....	153
7.8	CONCLUSÕES	157
8	DEFINIÇÃO DE MODELOS REGIONAIS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL	159
8.1	ANÁLISE DA CADEIA DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL BRASILEIRA	159
8.1.1	PRODUTOR DE MATÉRIA-PRIMA ATÉ A EXTRATORA DE ÓLEO... ..	160
8.1.2	EXTRATORAS DE ÓLEO VEGETAL / DESTILARIAS / REFINARIAS ATÉ OS PRODUTORES DE BIODIESEL	161
8.1.3	PRODUTOR DE BIODIESEL ATÉ REFINARIAS DE PETRÓLEO E DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTÍVEL	164
8.1.4	REFINARIA DE PETRÓLEO ATÉ A DISTRIBUIDORA OU DISTRIBUIDORA ATÉ POSTOS REVENDEDORES	164
8.2	MODELOS REGIONAIS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL	165
8.2.1	REGIÃO NORTE	165
8.2.2	REGIÃO NORDESTE	167
8.2.3	REGIÃO CENTRO-OESTE.....	168
8.2.4	REGIÃO SUDESTE.....	169
8.2.5	REGIÃO SUL	172
8.3	CONCLUSÕES	173
9	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL	174
9.1	BIODIESEL COMO UM INVESTIMENTO FINANCEIRO	175
9.2	METODOLOGIA PARA A CONSTRUÇÃO DE UM MODELO PARA O ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DE UMA PLANTA INDUSTRIAL PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL.....	178
9.3	SIMULAÇÃO	187

9.4	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA	193
9.4.1	INTRODUÇÃO.....	193
9.4.2	DIESEL MINERAL E ÓLEOS VEGETAIS: FRONTEIRA DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO BIODIESEL	198
9.4.3	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA - REGIÃO NORTE.....	204
9.4.4	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA - REGIÃO NORDESTE	210
9.4.5	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA - REGIÃO CENTRO-OESTE 216	
9.4.6	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA - REGIÃO SUDESTE.....	222
9.4.7	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA - REGIÃO SUL	228
9.4.8	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA – BRASIL.....	234
10	ANÁLISE E DISCUSSÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL BRASILEIRA SOB A ÓTICA DA COMERCIALIZAÇÃO DO DIESEL MINERAL NO BRASIL	237
11	CONCLUSÃO	247
12	BIBLIOGRAFIA	249
	ANEXO-A: DADOS DAS PLANTAS DE TRANSESTERIFICAÇÃO E PRÉ-TRATAMENTO DE ÓLEO E GORDURA ANIMAL	261
	ANEXO-B: DADOS, PARÂMETROS UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DO MODELO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DE UMA PLANTA INDUSTRIAL PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL	274
	ANEXO-C: RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DOS CENÁRIOS ECONÔMICO-FINANCEIROS	295

1 INTRODUÇÃO

O início do século XXI caracteriza-se por dois problemas mundiais relevantes: a poluição ambiental e a superpopulação. Esta última trouxe exigências de produção de energia e facilidades de transporte e locomoção extraordinariamente crescentes que, aliadas à elevação do padrão de vida, concorreram, de forma inevitável, para o aumento da poluição.

A matriz energética mundial é constituída basicamente por combustíveis fósseis (carvão, gás natural, petróleo e seus derivados). Estas fontes de energia química são convertidas em energia mecânica, térmica e elétrica através da queima daquelas matérias-primas e seus derivados. A combustão é uma reação química que além de produzir calor gera emissões de gases poluentes como o SO_x(óxidos de enxofre), NO_x(óxidos de nitrogênio) e CO₂(dióxido de carbono) responsáveis pelo efeito estufa e pela poluição ambiental; principalmente nos grandes centros urbanos devido à larga aplicação dos derivados de petróleo como a gasolina e o diesel nos veículos automotores (CRESTANA, 2005).

Dentre os combustíveis fósseis, o petróleo e seus derivados, pelas razões mostradas acima, são os mais utilizados sendo que o consumo cresce 3% ao ano em média. Neste contexto, estima-se que as reservas petrolíferas mundiais se esgotarão dentro de 50 anos aproximadamente. Outro aspecto relevante é o controle do mercado petrolífero pelos países do Oriente Médio onde estão localizadas as maiores reservas mundiais. Esta conjuntura aliada aos constantes conflitos naquela região resultam na instabilidade do preço e da oferta de petróleo no mercado mundial (PLÁ *et al*, 2005; RIBEIRO, 2005).

Neste íterim a pesquisa e o aperfeiçoamento da tecnologia para incremento da matriz energética e a substituição gradual do petróleo é uma tendência mundial. Pode-se citar a energia eólica, as células de combustível, a energia solar e a biomassa como exemplos. Dentre todas essas fontes de energia, destaca-se a utilização da biomassa principalmente para fins de uso como combustível.

Define-se biomassa como organismos biológicos que podem ser aproveitados como fontes de energia; como exemplo tem-se a cana-de-açúcar, o eucalipto, a beterraba (dos quais se extrai o álcool), o biogás (produzido pela biodegradação anaeróbica do lixo e dejetos orgânicos), lenha, carvão vegetal, gordura animal e óleos vegetais (soja, girassol, dendê, mamona dentre outros). Estes últimos têm sido utilizados para a produção de biodiesel que figura como um potencial substituto para o óleo diesel. (RAMOS *et al*, 2003)

O biodiesel é um combustível composto de mono-álquil-ésteres de ácidos graxos de cadeia longa (com ou sem duplas ligações), derivados de fontes renováveis, como óleos vegetais, gorduras animais, óleos de fritura ou gordura usados, obtidos da reação de transesterificação com um álcool de cadeia curta(etanol ou metanol) (BONOMI, 2004).

O biodiesel pode ser utilizado diretamente ou misturado com o diesel comum nos motores diesel existentes, sendo necessários apenas alguns ajustes no sistema de injeção daqueles. Além desta grande vantagem o biodiesel reduz a emissão de poluentes mesmo quando misturado ao diesel comum; promove o desenvolvimento agrícola do país e acima de tudo é uma fonte renovável de energia.

Nos Estados Unidos, na União Européia, principalmente na Alemanha, o uso do biodiesel puro e como aditivo é uma realidade desde os anos 90. No Brasil a partir de 1975 com o lançamento dos programas PROÁLCOOL (Programa Nacional de Álcool) e PROÓLEO (Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos) iniciam-se os estudos de aproveitamento dos biocombustíveis. As propostas do PROÓLEO não foram levadas adiante; sendo que os estudos e iniciativas para o aproveitamento de óleos vegetais para fins energéticos são retomados somente a partir de 1998, baseando-se nos exemplos europeu e norte-americano de produção de biodiesel (ARAÚJO *et al*, 2002; KNOTHE *et al*, 2005a; MACEDO; NOGUEIRA, 2005).

Este processo começa a consolidar-se somente em 2004 com o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel e com a posterior inclusão do biodiesel na matriz energética brasileira a partir de seu marco regulatório, através da Lei 11.097/2005, em vigor desde 13/01/2005 a qual prevê a obrigatoriedade da mistura de 2% de biodiesel no óleo diesel comum a partir de 2008 e 5% a partir de 2013. (MACEDO; NOGUEIRA, 2005; NAPPO, 2005b).

Para atender estas metas estima-se que serão necessários 800 milhões de litros por ano em 2008 e 2,4 bilhões de litros em 2013. Atualmente, mesmo com este mercado potencial, o custo de produção do biodiesel é maior do que o diesel comum. O preço do biodiesel é dependente da produção mundial de oleaginosas (soja, palma, mamona girassol dentre outras) e dos custos de oportunidade dos óleos destas oleaginosas que também são utilizadas para a produção de alimentos (MACEDO; NOGUEIRA, 2005; NAPPO, 2005a, 2005b).

Além disso, para a análise de viabilidade econômica e da formação de preços do biodiesel devem ser considerados os processos de obtenção, as cadeias produtivas, e incentivos fiscais que a exemplo de outros países devem ser implantados para alavancar a produção (KNOTHE *et al*, 2005a).

Analisar a viabilidade econômica de uma planta industrial para a produção de biodiesel é uma tarefa complexa na medida que existe uma carência muito grande de estudos referentes aos processos produtivos e mercadológicos do biodiesel adequados à realidade brasileira. Os raros estudos existentes são extremamente fragmentados e particularizados a um cenário específico impossibilitando a sua utilização por pesquisadores e empresários que desejem investir na produção de biodiesel em uma dada região do Brasil.

A proposta central deste trabalho é a realização de um estudo de viabilidade técnica-econômica da produção de biodiesel no Brasil em

escala industrial a partir da análise conjunta de todos os fatores técnicos e econômicos influentes no processo em cada região brasileira.

Este estudo vem de encontro às necessidades do momento embrionário pelo qual atravessa o mercado de biodiesel brasileiro. Analisando-se esta conjuntura, percebe-se que existem muitas dúvidas no tocante às matérias-primas, processos produtivos, mercado consumidor e viabilidade da produção de biodiesel no Brasil.

Desta forma, a finalidade deste trabalho é a composição de uma referência para pesquisadores e investidores que desejem desenvolver plantas industriais dedicadas à produção de biodiesel; viáveis e adequadas as suas próprias necessidades e a realidade brasileira.

2 OBJETIVO E METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo será apresentado o escopo do trabalho desenvolvido; englobando os objetivos; a metodologia de pesquisa e os resultados esperados.

2.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é o estudo detalhado de todos os fatores influentes na produção de biodiesel no Brasil em escala industrial englobando: matérias-primas, processos, cadeias produtivas, estimativa do mercado potencial, legislação e programas governamentais de incentivo. A partir destes estudos foram definidos modelos produtivos regionais os quais posteriormente foram analisados técnica e economicamente resultando em um retrato da produção e comercialização do biodiesel no Brasil.

2.2 METODOLOGIA

Basicamente a execução do estudo proposto foi dividida em 4 fases:

a) Fase-1: Pesquisa Bibliográfica

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema; visando o levantamento do estado da arte do biodiesel, suas principais características, aplicações, processos produtivos assim como informações preliminares à cerca dos custos de produção.

Esta pesquisa inicialmente foi feita através de sistemas de busca eletrônicos dedicados para a consulta em bases de dados específicas disponíveis via Internet. Dentre estas bases de dados pode-se citar os seguintes exemplos: *Chemical Abstracts*, Periódicos Capes, *Engineering Index*, banco de patentes, bibliotecas virtuais de universidades etc.

Em um segundo momento foram recuperados artigos técnico-científicos, patentes, anais de congressos e livros considerados relevantes para um estudo mais aprofundado.

Toda esta pesquisa foi sistematizada através de um software específico; o *Reference Manager* desenvolvido especialmente para pesquisa e gerenciamento de base de dados eletrônica.

b) Fase-2: Pesquisa Econômica

Nesta fase foi feito um levantamento da conjuntura econômica do biodiesel no Brasil englobando disponibilidade de matéria-prima, agroeconomia, custos de produção, mercado do diesel, formação de preços, legislação tributária, programas de incentivo fiscal, fatores sociais, estimativa do mercado interno e externo, dentre outros dados pertinentes.

Para tanto foi utilizada a mesma técnica de pesquisa da Fase-1. Entretanto foram consultadas bases de dados específicas de instituições públicas e privadas, dentre elas pode-se citar os seguintes exemplos: Ministério de Minas e Energia, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais, Associação das Indústrias de Biodiesel dentre outras.

Foram feitos também levantamentos de custos da implementação de vários tipos de plantas para a produção de biodiesel no mercado através da consulta a empresas especializadas.

Toda estas referências também foram sistematizadas através do software *Reference Manager*.

c) Fase-3: Definição de Modelos Produtivos – Condições de Contorno

A partir dos estudos feitos nas Fases 1 e 2 foram definidas as rotas tecnológicas possíveis de serem aplicadas na produção de biodiesel no Brasil.

Em um segundo momento foram definidos modelos produtivos baseando-se nas rotas tecnológicas aliadas ao contexto agrícola e econômico específico de cada região brasileira.

Esses modelos produtivos foram avaliados tecnicamente em detalhe, permitindo assim, posteriormente, a realização de uma análise técnico econômica que revelará quais modelos potencialmente apresentam maior retorno econômico-financeiro.

d) Fase-4: Análise de Viabilidade Técnico-Econômica, Sensibilidade e Risco

Nesta fase desenvolveu-se a análise econômico-financeira de cada modelo proposto através de técnicas de engenharia econômica. Esta técnicas resumem-se no método do valor presente líquido (VPL), análise de sensibilidade, análise de riscos e de equilíbrio.

O software *Excel* foi utilizado para tabulação dos dados e cálculo dos indicadores necessários para a avaliação de cada modelo.

O software *@RISK* foi utilizado para a realização das análises de sensibilidade e de risco de cada modelo.

O dólar americano foi adotado como referência monetária na medida que grande parte das *commodities* envolvidas no contexto do biodiesel são indexadas com base naquela moeda. Isso permitirá ao leitor uma avaliação mais clara e precisa dos dados apresentados.

As alíquotas dos impostos aplicados são as vigentes na legislação tributária brasileira estadual e federal. Também foram considerados os incentivos fiscais e tributações específicas aos biocombustíveis em cada região.

A definição dos valores das taxas de juros; índices de correção monetária dentre outros indicadores econômicos foram avaliados através da coleta de dados em publicações específicas do mercado financeiro referenciadas ao longo deste estudo.

Elaborou-se ao final desta análise um modelo baseado em *Excel* para a avaliação econômico-financeira de uma planta industrial para a produção de biodiesel. Através da aplicação no modelo das condições de contorno definidas na Fase-3, definiu-se um panorama específico para cada região brasileira do contexto técnico-econômico da produção de biodiesel.

Todos os resultados obtidos foram organizados em planilhas e gráficos gerados no software *Excel* visando à formatação dos dados numa forma clara e objetiva.

2.3 RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados esperados na conclusão do estudo proposto é uma ferramenta para a análise de uma planta produtora de biodiesel no Brasil. Esta ferramenta consiste num modelo para avaliação econômico-financeira aliada a uma sólida base teórica desenvolvida ao longo do estudo.

Este estudo permitirá aos pesquisadores e empresários avaliar e otimizar modelos produtivos existentes ou desenvolver novas tecnologias.

2.4 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

A seguir é apresentada uma pequena introdução de cada tópico desenvolvido nos próximas seções deste trabalho.

a) Revisão Bibliográfica

Neste capítulo foi feita a revisão da literatura existente sobre a produção de biodiesel no Brasil e no mundo incluindo também uma abordagem histórica sobre o tema.

b) Biodiesel: Definições, Matérias-primas, Produção, Subprodutos e Aplicações.

Neste capítulo foram abordados todos os conceitos e a teoria físico-química pertinente ao biodiesel destacando-se as matérias-primas, reações químicas, propriedades, produção, especificações e formas de aplicação do produto e seus subprodutos.

c) Processos Industriais para a Obtenção de Biodiesel.

Neste capítulo foi feito um estudo detalhado dos processos industriais para a obtenção do biodiesel abordando fluxogramas, equipamentos, vantagens, limitações e rendimentos de cada um deles.

d) Mercado do Biodiesel e seus Subprodutos no Brasil e no Mundo.

Neste capítulo foi feita uma análise de mercado englobando todos os fatores influentes como: custos e disponibilidade de matérias-primas, cotações internacionais dos produtos e subprodutos, legislação, tributos, programas governamentais, estimativas do mercado interno e externo dentre outras análises.

e) Análise Agroeconômica da Produção de Biodiesel no Brasil

Neste capítulo foi feita uma análise da disponibilidade e viabilidade de matéria-prima para a produção de biodiesel em cada região brasileira.

f) Análise das Rotas Tecnológicas para a Obtenção de Biodiesel no Brasil.

A partir dos estudos feitos nos capítulos anteriores foram definidas as rotas tecnológicas possíveis de serem aplicadas na produção de biodiesel brasileira.

g) Definição de Modelos Produtivos Regionais para a Produção de Biodiesel no Brasil

Neste capítulo foi analisada toda a cadeia produtiva do processo de produção, isto é, a logística e as modalidades de consórcios entre os centros agrícolas, plantas de beneficiamento e canais de distribuição possíveis de serem aplicados na produção de biodiesel brasileira.

Num segundo momento, foram propostos modelos regionais para a produção e comercialização de biodiesel brasileira. Por modelo produtivo entende-se toda a cadeia de produção do biodiesel englobando desde a origem da matéria-prima até os postos de revenda no varejo.

h) Análise de Viabilidade Econômica, Sensibilidade e Risco dos Modelos Produtivos Propostos.

Neste capítulo foi feita a análise de viabilidade econômica dos modelos definidos na seção anterior utilizando técnicas de engenharia econômica. Esta análise englobou os custos de implantação dos modelos, impostos, incentivos fiscais, estimativas de retorno do investimento, custos operacionais, custos fixos e lucros dentre outros. Além disso, para cada modelo foi realizada uma análise de sensibilidade dos fatores mais influentes nos custos de produção do biodiesel bem como uma análise de risco do investimento global na planta verificando as probabilidades de sucesso no longo prazo.

i) Apresentação e Análise dos Resultados

Neste capítulo os resultados obtidos anteriormente foram sistematizados através de relatórios contendo planilhas e gráficos que permitem uma análise mais clara e objetiva de todos os dados gerados na seção anterior para cada modelo. A partir daqueles relatórios, foi proposto um modelo (ou modelos) produtivo viável técnica e economicamente para cada região do Brasil.

j) Conclusão

Neste capítulo foi feita uma abordagem geral e um balanço de todo o estudo realizado.

k) Bibliografia

Neste capítulo foram apresentadas todas as referências bibliográficas utilizadas para a realização deste estudo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentada a história do uso de óleos vegetais e gordura animal para a fabricação de combustíveis. Através da revisão bibliográfica, o leitor terá um panorama completo do assunto englobando os aspectos históricos e técnicos que motivaram as pesquisas sobre o tema até os dias atuais. Desta forma, este capítulo foi dividido em duas seções: Histórico e Estado da Arte.

3.1 HISTÓRICO

As primeiras referências na literatura do uso de óleos vegetais como combustível são atribuídas a Rudolf Diesel, o criador do motor que leva o seu nome. No evento *World's Fair – The Exposition Universalle* em Paris no ano de 1900, um pequeno motor da *Otto Company*, projetado para utilizar diesel, foi abastecido com óleo de amendoim e colocado em operação com a finalidade de testar o novo combustível. Este experimento teve sucesso e foi o ponto de partida para a realização de novos estudos (KNOTHE, 2001).

Segundo Diesel (1912, 1913) foram realizados experimentos com outras matérias-primas como o óleo de mamona, gorduras animais e óleo de baleia com ótimos resultados.

Durante a década de 30, vários estudos foram feitos sobre o uso do óleo de palma como fonte de energia alternativa para as colônias européias na África. Estes estudos têm origem principalmente inglesa e alemã (KNOTHE, 2001).

Walton(1938) estudou as propriedades de 20 óleos vegetais como: mamona, girassol, palma, oliva, caroço de algodão, colza, semente de papoula, soja dentre outras. Este estudo também apontava para a necessidade da quebra dos triglicerídeos e usar como combustível o ácido graxo resultante, separando-o do glicerol, visando a síntese de um combustível de melhor qualidade.

Também foram publicados estudos sobre o uso de matérias-primas de origem animal como gorduras de mamíferos e de peixes. (KNOTHE *et al*, 2005a).

A primeira referência de um processo para a produção do que é hoje conhecido como biodiesel é uma patente belga firmada em 31 de agosto de 1937 por Chavanne (1937). Esta patente descreve o uso de ester etílicos produzidos a partir do óleo de palma como combustível para os motores diesel.

Durante o período da Segunda Guerra Mundial, os combustíveis derivados de óleos vegetais e outras fontes alternativas de energia foram mais intensamente investigados devido à escassez dos derivados

de petróleo no mercado mundial e a crescente demanda por estes produtos durante a guerra.

Os chineses desenvolveram um processo de craqueamento para a produção de óleos lubrificantes, gasolina e querosene a partir do óleo de tungue (árvore originária da China, cultivada pelo alto valor de seu óleo; as sementes dela produzem cerca de 60% de um óleo especial altamente secativo, insubstituível para certas tintas e vernizes) (CHENG, 1945; CHANG; WAN 1947).

Pesquisadores indianos, também estimulados pelos eventos da guerra, direcionaram suas pesquisas para o estudo de 10 tipos de óleos vegetais visando o desenvolvimento de um combustível local (CHOWHURY *et al* 1942).

O porta-aviões japonês Yamato utilizou óleo de soja comestível como combustível (NOWAKOWSKA; WIEBE, 1949).

Huguenard (1951) e Lem (1952) estudaram a aplicação do óleo de milho e de caroço de algodão em misturas com óleo diesel mineral.

No período entre 1920 e 1945, paralelamente aos estudos do uso de óleos vegetais como matérias-primas para a produção de combustíveis, foram feitas pesquisas e ensaios com o objetivo de estudar o desempenho dos motores diesel quando os combustíveis de origem animal e vegetal eram utilizados. Estes trabalhos foram muito importantes para identificação das propriedades daqueles combustíveis influentes no desempenho e na vida útil dos motores diesel. Para ilustrar este fato, pode-se citar os danos causados ao sistema de injeção dos motores não regulados corretamente. Estes danos se devem as moléculas de glicerina presentes nos triglicerídeos constituintes dos óleos vegetais e gordura animal. Ao serem aquecidas estas moléculas, muito parecidas com açúcares, “caramelizam” tornando os óleos e gorduras viscosos causando o entupimento dos bicos injetores. Outro exemplo importante é o efeito da mistura entre combustíveis de origem mineral, vegetal ou animal no desempenho dos motores (KNOTHE *et al*, 2005a; ARANDA, 2007).

O período seguinte ao término da Segunda Guerra Mundial foi marcado pelo declínio no desenvolvimento dos combustíveis a partir de óleos vegetais na medida que o petróleo e seus derivados tornaram-se novamente disponíveis a um baixo custo. O interesse pela utilização dos combustíveis derivados de óleos vegetais e animais surgiu novamente na década de 70 devido aos choques do petróleo; culminando com o controle dos países integrantes da OPEP – Organização dos Países Exportadores de Petróleo do mercado mundial do petróleo (KNOTHE, 2001; TAVARES, 2005).

Nos meados da década de 80 até os dias atuais, surgiram outros fatores que motivaram a produção científica na busca de substitutos para os combustíveis fósseis; principalmente o petróleo.

As questões mais importantes são as relacionadas ao mercado mundial do petróleo e a geopolítica. Dentre as mais relevantes tem-se: o aumento do consumo mundial, o crescente esgotamento das jazidas

petrolíferas, o aumento no preço do barril do óleo cru e a instabilidade política na região do Oriente Médio onde se concentram 63% das reservas mundiais (TAVARES, 2005).

Por outro lado o aumento da poluição do ar nos grandes centros urbanos, o aquecimento global e as mudanças climáticas no planeta resultaram num movimento mundial para a redução de emissões de poluentes e do CO₂ (dióxido de carbono) principal agente causador do aquecimento global; ratificado pelo protocolo de Kyoto (FANGRUI; HANNAB, 1999).

Os combustíveis derivados de óleos vegetais, gordura animal, e processos de fermentação alcoólica, começaram a ser chamados de biocombustíveis na literatura especializada. Os estudos publicados por Wang (1988), Bailer e De Hueber (1991) são os pioneiros a utilizar o termo biodiesel para os combustíveis derivados de óleos vegetais e gordura animal usados como alternativa ao óleo diesel mineral. (KNOTHE, 2001,2005a).

Consideráveis pesquisas têm sido publicadas sobre o uso de óleos vegetais para a produção de biocombustíveis compatíveis com os motores diesel. Estas pesquisas incluem uma grande variedade de oleaginosas como: palma, soja, mamona, girassol, gordura de coco, colza, tungue, caroço de algodão, canola, pinhão-manso dentre outras. Também são encontrados na literatura, em uma escala bem menor, alguns estudos sobre o uso de gordura animal (FANGRUI; HANNAB, 1999).

O uso de óleo de fritura usado oriundo de restaurantes e empresas de gêneros alimentícios para a fabricação de biodiesel é tema de várias pesquisas recentes (ZHANG *et al*, 2002, 2003a, 2003b; DU; KOJIMA; PARK; SATO, 2006).

Além das matérias-primas citadas, existem na literatura estudos sobre óleos de algas, bactérias e fungos (SHALY, 1993).

Recentemente, Qingyu e Xiaoling (2006) publicaram um estudo sobre a produção de biodiesel a partir do óleo de microalgas.

Como descrito anteriormente, o maior problema da utilização dos óleos vegetais e gordura animal como combustível em motores diesel é a composição química dos mesmos, constituintes por triglicerídeos que ao serem aquecidos, causam danos aos motores, principalmente nos sistemas de injeção. Desde o início das pesquisas sobre biocombustíveis; o objetivo primordial era sintetizar um combustível que substituísse o diesel sem a necessidade de modificações nos motores existentes.

Desta forma foram desenvolvidos processos para o “refino” do óleo vegetal ou gordura tornando-o mais compatível com os motores diesel existentes. Os processos básicos desenvolvidos descritos na literatura são: a produção de misturas de óleos vegetais, ou gordura animal e diesel mineral; a microemulsão, o craqueamento térmico ou pirólise, a transesterificação e mais recentemente os processos de hidrogenação,

como o HBIO desenvolvido pela Petrobras (FUKUDA; KONDO; NODA, 2001; ARANDA, 2006; PETROBRAS, 2006).

3.2 ESTADO DA ARTE

A seguir será proporcionada ao leitor uma visão geral do estado da arte dos processos de aproveitamento de óleos vegetais e gordura animal para a produção de combustíveis utilizados industrialmente.

Analisando-se a evolução histórica das pesquisas sobre o tema em questão, percebe-se que as mesmas foram desenvolvidas simultaneamente. Desta forma é mais conveniente a apresentação segregada por tipo de processo ao invés da apresentação dos itens em ordem cronológica.

Em 1980 Bartholomew publica um artigo sobre a necessidade da utilização dos óleos vegetais e álcool como fontes de energia renováveis para substituição dos combustíveis derivados do petróleo, principalmente o óleo diesel (BARTHOLOMEW, 1981).

Estas idéias são amplamente discutidas na primeira Conferência sobre Plantas Oleaginosas e Uso de Óleos Vegetais como Combustível, realizada nos Estados Unidos em 1982. Os assuntos principais abordados foram o custo do novo combustível; os efeitos dos óleos vegetais no desempenho e durabilidade do motor; processos de produção, aditivos e especificações do combustível (FANGRUI; HANNAB, 1999).

Na década de 80 são publicados vários estudos sobre o uso de óleos vegetais, misturas entre óleos vegetais-diesel, e os efeitos destes novos combustíveis no desempenho e na vida útil dos motores. Dentre estes, segundo Fangrui e Hannab (1999), pode-se citar os estudos de Goering(1984), Pryde (1983-1984), Schlautman, Schinstock e Hanna (1986), Schlick, Hanna e Schinstock (1988).

O consenso final destes estudos é a inviabilidade do uso de óleos vegetais e misturas como combustível para os motores diesel existentes devido aos danos causados aos mesmos (FANGRUI; HANNAB, 1999).

Uma solução para tornar os biocombustíveis compatíveis com os motores diesel existentes é a produção de microemulsões a partir de óleos vegetais com solventes como metanol, etanol e 1-butanol. Esta técnica foi estudada por Kaufman, Pratt e Ziejewski (1983), Fry e Goering (1984), Goering (1982,1984), Ziejewski *et al* (1984) e Bagby *et al* (1987).

Atualmente estão sendo feitos estudos de microemulsões aplicando a nanotecnologia. (KLADT, 2005).

O craqueamento térmico ou pirólise foi utilizado pela primeira vez na China durante a Segunda Guerra Mundial para a produção de derivados de petróleo a partir de óleo de tungue. (CHENG, 1945; CHANG; WAN 1947).

Desde então trabalhos foram publicados sobre o craqueamento térmico de óleos vegetais de vários tipos (soja, colza, palma) para a produção de combustíveis. Como exemplo pode-se citar os estudos de Alencar, Alves e Craveiro (1983), Niehaus *et al* (1986), Schwab *et al* (1988) e Billaud *et al*, (1995).

Também nesta área foram publicados estudos do craqueamento térmico com a utilização de catalisadores (PIOCH *et al*, 1993; FERREIRA *et al*, 2000; ROMERO, 2006).

Os combustíveis produzidos por este processo possuem características químicas similares aos derivados do petróleo, como a gasolina e o diesel. As baixas emissões de poluentes características dos biocombustíveis, principalmente do biodiesel, não são mais verificadas. (FANGRUI; HANNAB, 1999; FUKUDA; KONDO; NODA, 2001).

A transesterificação é a reação química entre óleos ou gorduras e um álcool produzindo ésteres e glicerol. Este é o processo mais comum para a obtenção do biodiesel que é o éster metílico ou etílico resultante da transesterificação (FUKUDA; KONDO; NODA, 2001).

Estes processos foram amplamente investigados, principalmente a cerca do desenvolvimento de catalisadores.

Dentre a extensa lista de referências na literatura de estudos sobre transesterificação pode-se citar como base os trabalhos de Freedman; Mounts ; Pryde,(1984); e Butterfield; Freedman; Pryde (1986). O leitor pode encontrar uma lista mais detalhada de referências em Knothe *et al* (2005) Capítulo 4.

Os catalisadores enzimáticos e heterogêneos são o foco dos estudos mais recentes publicados. (OLIVEIRA; 2000; KAIEDA *et al*, 2001; COSTA NETO, 2002; SHIMADA, *et al*, 2002; WATANABE, *et al*, 2002; CASTRO *et al*, 2004; DU; XU; LIU; ZENG, 2004; GAO; NOUREDDINI; PHILKANA, 2004; HAMA *et al*, 2004; MACEDO; MACEDO, 2004; OBREGÓN, 2004; OLIVEIRA *et al*, 2004; TAKUJI *et al*, 2004; ARANDA *et al*, 2005b; LÓPEZ *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

Cada processo descrito anteriormente tem sido estudado com o objetivo de otimização da tecnologia já existente. Estas inovações tecnológicas estão em desenvolvimento e sua disponibilidade para a produção em escala industrial ainda não está prevista (KLADT, 2005).

Dentre estas inovações, no processo base de transesterificação pode-se destacar a técnica da catálise através de microondas e ou irradiação ultra-sônica; o processo não-catalítico utilizando a técnica dos fluídos supercríticos e outros processos não-catalíticos (BRECCIA, 1999; KUSDIANA; SAKA, 2001; STAVARACHE *et al*, 2003; LIFKA; ONDRUSCHKA, 2004; TAKUJI *et al*, 2004; DEMIRBAS, 2006; YMAZAKI *et al*, 2006).

Outros estudos foram feitos na área de microemulsão com o emprego de nanotecnologia e no tratamento de óleos vegetais com ozônio. (KAZUA,2004; KLADT, 2005).

Neste capítulo foi dada ao leitor uma visão geral do estado da arte da tecnologia do uso de óleos vegetais e gordura animal para a fabricação de combustíveis alternativos. A seguir será apresentado um estudo mais detalhado a respeito do biodiesel.

4 BIODIESEL: DEFINIÇÕES, MATÉRIAS-PRIMAS, PRODUÇÃO, SUBPRODUTOS E APLICAÇÕES

Neste capítulo serão abordados os conceitos e a teoria físico-química pertinente ao biodiesel destacando-se as matérias-primas, reações químicas, propriedades, produção, especificações e formas de aplicação do produto e seus subprodutos. Também será feita uma análise comparativa entre a aplicação do óleo diesel de origem mineral e o biodiesel focando vantagens, desvantagens e soluções.

4.1 A QUÍMICA DO BIODIESEL

Nesta seção será dada uma visão geral dos conceitos básicos do biodiesel a partir da sua composição química com o objetivo de inserir o leitor no contexto do tema e suas implicações nos processos de produção e aplicação como combustível alternativo ao diesel. Nas próximas seções cada tópico tratado será detalhado.

O biodiesel é um combustível composto de mono-alkil-ésteres de ácidos graxos de cadeia longa (com ou sem duplas ligações), derivados de fontes renováveis, como óleos vegetais, gorduras animais, óleos de fritura ou gordura usados, obtidos pela reação de transesterificação com um álcool de cadeia curta (etanol ou metanol) (BONOMI, 2004).

Na Figura 4.1 tem-se a representação da reação de transesterificação.

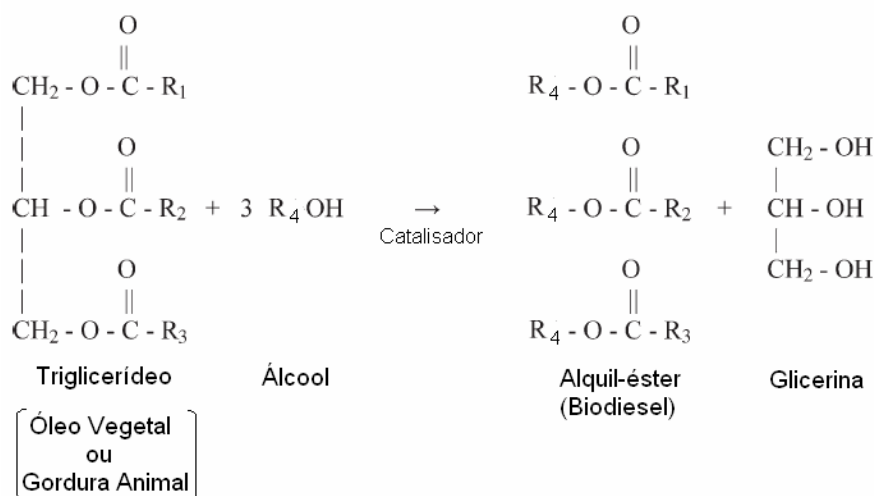


Figura 4.1: A reação de transesterificação. R₁, R₂ e R₃ são cadeias de ácidos graxos. R₄ é um álcool que pode ser metanol (CH₃) ou etanol (C₂H₅). Figura adaptada de (GERPEN, 2005).

É interessante observar que além do biodiesel é produzido glicerol, mais comumente chamado de glicerina e, dependendo das condições

da matéria-prima utilizada; também é produzido o sabão. O catalisador utilizado geralmente é uma base como o hidróxido de sódio ou de potássio. Os índices R_1 , R_2 e R_3 mostrados na Figura 4.1 são hidrocarbonetos de cadeia longa, também chamados de ácidos graxos de cadeia longa cuja composição varia de acordo com o tipo de óleo vegetal ou gordura animal utilizada. R_4 representa o tipo de álcool utilizado que pode ser o metanol (CH_3) ou o etanol (C_2H_5). Esta reação será analisada mais detalhadamente no item 4.4 (GERPEN, 2005).

O principal componente dos óleos vegetais e animais são os triglicerídeos. Quimicamente, os triglicerídeos são ésteres de ácidos graxos com a glicerina. Existe uma grande variedade de ácidos graxos, que ao ligarem-se a glicerina produzem, conseqüentemente, os vários tipos de triglicerídeos. Desta forma o tipo de triglicerídeo componente do óleo vegetal ou gordura animal determina as propriedades físico-químicas dos óleos e gorduras (KNOTHE, 2005b).

O biodiesel pode ser produzido a partir de uma grande variedade de matérias-primas. Dentre elas tem-se os óleos vegetais (soja, caroço de algodão, palma, amendoim, colza, manona, girassol etc...) e as gorduras de origem animal (geralmente sebo) bem como óleo de fritura ou gordura usados oriundos da indústria alimentícia e restaurantes. Dependendo da origem e da qualidade da matéria-prima escolhida, mudanças no processo de produção são necessárias. Um exemplo é o uso de óleos cuja concentração de ácidos graxos livres, isto é, não ligados a triglicerídeos, é alta. Os tipos de matérias primas e a dinâmica dos processos produtivos serão mais detalhados nos itens 4.3 e 4.4 (ZHANG *et al*, 2002,2003a,2003b; GERPEN, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

O biodiesel é miscível com o óleo diesel mineral em todas as proporções. Em muitos países têm sido usadas misturas de biodiesel com óleo diesel ao invés de diesel puro. A composição destas misturas são denominadas através de siglas como B5, a qual indica uma mistura de 5% de biodiesel com óleo diesel e o biodiesel puro é denominado como B100 (GERPEN, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

Como dito nos capítulos anteriores, os primeiros testes de combustíveis alternativos para motores diesel foram feitos utilizando óleos vegetais puros. Entretanto estudos posteriores apontaram que o uso de óleos vegetais puros; devido a composição química dos mesmos, causam danos aos motores diesel.(KNOTHE, 2001, 2005a).

Neste ínterim tornou-se necessário o refino destes óleos para a sua utilização direta em motores diesel; considerando-se apenas alguns ajustes e regulagens principalmente do sistema de injeção; mas sem a necessidade de modificações na concepção do motor. É por esse motivo que os óleos vegetais e gordura animal são misturados a combustíveis fósseis, transesterificados (no caso do biodiesel) ou craqueados para poderem ser utilizados como combustível alternativo (FUKUDA; KONDO; NODA, 2001; KNOTHE *et al*, 2005a).

Particularmente o uso do biodiesel puro ou misturado com óleo diesel quando comparado aos combustíveis tradicionais é bem competitivo.

Dentre os fatores mais relevantes pode-se citar (GERPEN, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a):

- a) O biodiesel é biodegradável e atóxico.
- b) O biodiesel é um combustível renovável e não contribui para o aumento do aquecimento global. Análises do ciclo de vida do biodiesel mostraram que as emissões líquidas de CO₂ foram reduzidas de 78% comparadas com aquelas referentes ao diesel.
- c) O uso de biocombustíveis reduz a dependência do petróleo.
- d) As emissões de gases poluentes e material particulado na combustão do biodiesel são bem menores do que a dos combustíveis fósseis.
- e) O biodiesel tem um ponto de chama (*“flash point”*) elevado tornando o manuseio e a armazenagem mais seguras e baratas.
- f) O biodiesel tem excelente lubricidade, propriedade importante devido à obrigatoriedade da redução do nível de enxofre dos combustíveis fósseis. A adição de pequenas quantidades de biodiesel (1%-2%) restaura a lubricidade do diesel mineral que é prejudicada com a redução da concentração de enxofre em sua composição.

Entretanto o biodiesel traz algumas desvantagens (GERPEN, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a):

- a) Preço alto em relação ao diesel.
- b) Aumento nas emissões de NO_x quando o biodiesel é utilizado puro nos motores.
- c) Baixa resistência à oxidação e alta higroscopicidade quando exposto ao ar.
- d) Alto ponto de solidificação, causando problemas quando utilizado em localidades de clima frio.

Os problemas citados anteriormente já estão sendo contornados e por si só não justificam a inviabilidade do uso do biodiesel.

A seguir será feita uma análise detalhada dos tópicos desenvolvidos nesta seção.

4.2 ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O ÓLEO DIESEL DE ORIGEM MINERAL E O BIODIESEL

Conhecer as características do diesel combustível a partir do estudo de suas propriedades, especificações e aplicações é fundamental para entender porquê o biodiesel pode ser considerado uma alternativa viável para a substituição do óleo diesel mineral.

A seguir será feito um estudo comparativo entre o diesel e o biodiesel baseado nas propriedades relevantes quando aqueles são aplicados no abastecimento de motores diesel.

4.2.1 PRÍNCIPIO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR DIESEL

A forma de operação dos motores diesel é bem diferente dos motores do ciclo Otto, comuns na maioria dos veículos de passeio. Nestes últimos, o combustível e o ar são misturados nos cilindros do motor, comprimidos, e então a ignição do combustível é produzida através de uma faísca. A potência do motor é controlada pela limitação da quantidade da mistura combustível-ar injetada nos cilindros (KNOTHE *et al*, 2005a; PENTEADO, 2005).

No motor diesel, também chamado de motor de compressão-ignição, apenas o ar é aspirado para o interior dos cilindros e comprimido de tal modo que são criadas as condições térmicas para a ignição do combustível que será injetado (KNOTHE *et al*, 2005a; PENTEADO, 2005).

Neste processo o ar é submetido a uma alta temperatura e pressão, e então um spray de combustível é injetado no cilindro em alta velocidade. Quando o combustível entra em contato com o ar quente contido no cilindro, ele vaporiza rapidamente, mistura-se com o ar, e desencadeia uma série de reações químicas espontâneas que resultam na auto-ignição do diesel, eliminando a necessidade da faísca para a ignição. Entretanto, para que o diesel comece a queimar, depois que começa a sua injeção, deve transcorrer um certo tempo, chamado atraso ou retardo na ignição, necessário para que ocorram a atomização, o aquecimento, a evaporação do combustível, a mistura com o ar, as reações químicas precursoras da combustão e, finalmente, a ignição da mistura ar-combustível. A potência do motor, neste caso, é controlada pela variação do volume de combustível nos cilindros (KNOTHE *et al*, 2005a; PENTEADO, 2005).

Os principais problemas de engenharia relacionados à operação dos motores diesel são o controle dos depósitos de sedimentos e das emissões de poluentes. O uso do biodiesel (puro ou misturado com diesel mineral) como combustível reduz estes problemas, entretanto

especificamente as emissões de NO_x são mais elevadas (KNOTHE *et al*, 2005a; PENTEADO, 2005).

Nas próximas seções o problema das emissões de NO_x dentre outros fenômenos serão analisados com mais detalhes baseando-se na análise das propriedades físico-químicas dos dois combustíveis: diesel e biodiesel.

4.2.2 NÚMERO DE CETANO

Chama-se de combustibilidade a propriedade que mede a facilidade de se realizar a combustão de um dado tipo de combustível. Esta medida relaciona-se com propriedades essenciais do combustível como o poder calorífico e o número de cetano. A viscosidade cinemática e a tensão superficial, pelo fato de definirem a quantidade de pulverização, na injeção de combustível, são fatores influentes na qualidade e na eficiência da combustão (PENTEADO, 2005).

Quanto menor o tempo de retardo de ignição do diesel, maior a qualidade de ignição do mesmo e seu número de cetano (ou índice de cetano, se for obtido através de cálculo), ao passo que maiores retardos de ignição produzem um ruído característico conhecido como “batida do diesel”, resultante da queima muito rápida de todo o diesel que ingressou na câmara de combustão durante o tempo de retardo (PENTEADO, 2005).

O índice de octano ou a octanagem dos combustíveis está para os motores do ciclo Otto, assim como o índice de cetano, ou cetanagem, está para os motores do ciclo Diesel. Portanto quanto maior for o número de cetano de um combustível, melhor será a combustão desse combustível em um motor diesel (PENTEADO, 2005).

A maioria dos tipos de biodiesel tem um número de cetano mais alto que o diesel mineral. O biodiesel produzido a partir de matérias-primas mais saturadas tem uma cetanagem maior que aquele obtido de matérias-primas menos saturadas. O biodiesel produzido a partir de óleo de soja possui uma cetanagem entre 48 e 52, enquanto o biodiesel de gordura animal, que contém bem mais ésteres saturados, tem cetanagem entre 60 e 65 (KNOTHE *et al*, 2005a).

O índice de cetano médio para o biodiesel é 45, enquanto para o óleo diesel mineral, a cetanagem se situa em patamares mais baixos, sendo esta a razão pela qual o biodiesel apresenta queima muito melhor em um motor diesel que o próprio diesel mineral (KNOTHE *et al*, 2005a).

4.2.3 PODER CALORÍFICO (CALOR DE COMBUSTÃO)

O poder calorífico de um combustível indica a quantidade de energia desenvolvida pelo combustível, por unidade de massa, quando ele é queimado. No caso da aplicação do combustível em motores, a queima significa a combustão no funcionamento do motor (PENTEADO, 2005).

O conteúdo de energia de um combustível não é controlado durante a produção. No caso do óleo diesel mineral, o valor do poder calorífico dependerá da refinaria, da época do ano, e do petróleo usado na produção na medida que todas estas variáveis afetarão a composição do diesel produzido (KNOTHE *et al*, 2005a).

Óleo diesel com alta porcentagem de compostos aromáticos tende a ter alto poder calorífico por litro de combustível. Apesar de os aromáticos apresentarem valores baixos de energia por quilograma; a elevada densidade dos mesmos compensa o seu baixo poder calorífico por unidade de massa. Esta propriedade é importante para os motores diesel porque o combustível injetado é medido através de unidades de volume e não de massa (KNOTHE *et al*, 2005a).

Um combustível com baixo poder calorífico por litro prejudicará o rendimento do motor, sendo necessária uma maior quantidade de combustível para obter-se a potência mecânica nominal do motor. O sistema de injeção do motor deverá aumentar o tempo de injeção de combustível, resultando no aumento das emissões de NO_x (KNOTHE *et al*, 2005a).

O biodiesel não contém compostos aromáticos, mas eles contém ésteres com diferentes níveis de saturação. Ésteres insaturados têm baixo poder calorífico por unidade de massa, mas devido à alta densidade deles, os mesmos apresentam um maior poder calorífico por unidade de volume (KNOTHE *et al*, 2005a).

O biodiesel tem poder calorífico menor que o diesel. Por unidade de massa, o nível de energia do biodiesel é menor 12,5% que o do diesel. Entretanto como o biodiesel é mais denso que o diesel mineral pode-se dizer que o poder calorífico do biodiesel é 8% menor por unidade de volume quando comparado com o diesel. Desta forma para motores regulados para a injeção de volumes iguais de combustível, o uso do biodiesel causará uma perda de potência mecânica (KNOTHE *et al*, 2005a).

Testes mostraram que a eficiência da conversão da energia contida no combustível em potência mecânica pelo motor; é igual para o biodiesel e o óleo diesel mineral. Por esta razão, o fator de redução específico do consumo de combustível (BSFC - *brake specific fuel consumption*: parâmetro usado pelos fabricantes de motores para caracterização da economia de combustível cujo cálculo é feito dividindo-se a quantidade de combustível injetada no motor pela energia na saída do motor) é 12,5% maior para o biodiesel quando comparado com o diesel mineral (KNOTHE *et al*, 2005a).

4.2.4 LUBRICIDADE

A lubricidade pode ser definida como a capacidade de uma substância reduzir o atrito entre duas superfícies sólidas em movimento relativo. Esta propriedade é função de várias propriedades físicas, destacando-se a viscosidade e a tensão superficial (PENTEADO, 2005).

Os motores diesel precisam de um combustível com propriedades lubrificantes, especialmente em razão do funcionamento da bomba; exigindo que o combustível fluente lubrifique adequadamente as peças móveis da mesma (PENTEADO, 2005).

Atualmente estão sendo desenvolvidos motores diesel com sistemas de injeção que operam com pressões mais altas que seus predecessores. Este fato demanda um nível de lubricidade do diesel mais alto que os combustíveis diesel tradicionais (KNOTHE *et al*, 2005a).

Entretanto a obrigatoriedade da redução do nível de enxofre dos combustíveis fósseis provoca a diminuição drástica da lubricidade do diesel resultando na adição de aditivos ao combustível (KNOTHE *et al*, 2005a).

O biodiesel, em contrapartida tem excelente lubricidade sendo, portanto melhor que o diesel neste quesito. Além disso, a adição de pequenas quantidades de biodiesel (1%-2%) restaura a lubricidade do diesel mineral que é prejudicada com a redução da concentração de enxofre na composição dele (KNOTHE *et al*, 2005a).

4.2.5 PONTO DE NÉVOA E FLUIDEZ

O óleo diesel mineral contém pequenas quantidades de longas cadeias de hidrocarbonetos, chamadas ceras que cristalizam em temperaturas dentro da faixa de operação do motor. Se as temperaturas são suficientemente baixas, os cristais de cera se aglutinarão, e entupirão os filtros de combustível danificando o motor. Em temperaturas mais baixas ainda o combustível se solidifica. Este fenômeno também ocorre com o biodiesel. O biodiesel produzido a partir de compostos insaturados como o óleo de soja, começam a cristalizar a 0°C; enquanto o biodiesel produzido a partir de gordura animal e óleos de fritura cristalizam entre 13-15°C (KNOTHE *et al*, 2005a; PENTEADO, 2005).

Os parâmetros mais comuns para avaliação da tendência de cristalização de um combustível são os pontos de névoa e fluidez (PENTEADO, 2005).

O ponto de névoa mede a temperatura na qual o início da cristalização é observado a olho nu como uma névoa no combustível (KNOTHE *et al*, 2005a).

O ponto de fluidez mede a menor temperatura na qual o combustível pode ainda ser escoado através de um capilar (KNOTHE *et al*, 2005a).

4.2.6 PONTO DE FULGOR E VOLATILIDADE

O ponto de fulgor é a temperatura em que o líquido se torna inflamável, na presença de uma chama ou faísca. Esta propriedade somente assume importância no que diz respeito à segurança nos transportes, manuseios e armazenamentos (PENTEADO, 2005).

O ponto de fulgor do diesel está em torno de 52-66°C e da gasolina é 40°C. O biodiesel, se completamente isento do metanol ou etanol, tem ponto de fulgor maior que 150°C; bem superior à temperatura ambiente. Desta forma o biodiesel não é inflamável nas condições em que é transportado, manuseado e armazenado (KNOTHE *et al*, 2005a).

4.2.7 VISCOSIDADE

Viscosidade é uma medida da resistência ao fluxo de um fluido devido ao atrito interno do mesmo, isto é, o atrito de uma camada de fluido movendo-se sobre outra.

A maioria dos motores diesel possui sistemas de injeção-compressão formados por um pistão e um cilindro. Para desenvolver altas pressões requeridas, o vão livre entre o pistão e a parede do cilindro é da ordem de 0,0025 cm. Apesar deste pequeno vão, uma pequena fração de combustível vaza para fora do embolo do pistão durante a compressão. Se a viscosidade do combustível é baixa, este vazamento irá corresponder a uma perda de potência do motor. Se a viscosidade for alta, a bomba de injeção não terá capacidade para alimentar os cilindros do motor adequadamente, resultando novamente em perda de potência (KNOTHE *et al*, 2005a).

Se a viscosidade de um combustível é extremamente excessiva, como no caso dos óleos vegetais, existirá uma degradação do spray nos cilindros do motor; causando uma atomização pobre, diminuição da lubrificidade do óleo, e a produção de fumaça preta e sedimentos. Este é o motivo pelo qual os óleos vegetais não são usados *in natura* nos motores diesel (KNOTHE *et al*, 2005a).

A faixa de valores de viscosidade do biodiesel é maior que a do óleo diesel mineral; entretanto as normas e especificações de produção do biodiesel garantem que aqueles valores estejam em níveis aceitáveis para o uso nos motores diesel (KNOTHE *et al*, 2005a).

4.2.8 ESTABILIDADE A OXIDAÇÃO

O biodiesel é suscetível à oxidação principalmente quando exposto ao ar. Comparado com o diesel mineral o biodiesel é mais propenso à oxidação, pois o mesmo contém maior concentração de compostos insaturados e é mais higroscópico que o diesel (KNOTHE *et al*, 2005a).

A oxidação degrada o combustível elevando os índices de acidez bem como a viscosidade (KNOTHE *et al*, 2005a).

A questão da estabilidade a oxidação influi na qualidade do biodiesel principalmente quando o mesmo é armazenado durante longos períodos de tempo. A influência de fatores como presença de ar, água, íons metálicos, calor, luz, antioxidantes, peróxidos e o tipo de tanque usado no armazenamento foram amplamente estudados (KNOTHE *et al*, 2005a).

Estes estudos mostraram que o biodiesel pode ser armazenado sobre condições normais sem considerável mudança nos parâmetros de qualidade do biodiesel. O limite de estabilidade a oxidação do biodiesel pode ser elevado com adição de antioxidantes naturais ou sintéticos (KNOTHE *et al*, 2005a).

Entretanto, a armazenagem, a logística de distribuição e transporte adequados são absolutamente necessários. O biodiesel mostra alta resistência contra temperatura, mas o contato com o ar, água e luz do sol deve ser evitado (KNOTHE *et al*, 2005a).

4.2.9 EMISSÕES DE POLUENTES

Atualmente o crescimento econômico e o conceito de desenvolvimento sustentável são os principais motivadores das inovações tecnológicas no setor energético mundial (MACEDO, 2003).

Dentro do conceito de desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade a tendência é que sejam buscados aumentos de produtividade e redução de emissões de poluentes, globalmente, em todas as áreas. Um motivador desta tendência é a entrada em vigor do Protocolo de Kyoto que regulamenta o nível de emissões dos gases responsáveis pelo efeito estufa.

No contexto dos combustíveis fósseis, usados principalmente em veículos automotores, exige-se um forte aumento na eficiência de uso dos mesmos. Isto já resulta num grande esforço de inovação e difusão tecnológica.

Proporcionalmente a seu teor em uma mistura com diesel, o biodiesel promove uma redução das principais emissões associadas ao derivado de petróleo, com a exceção notável dos óxidos de nitrogênio (NO_x). O incremento observado nas emissões deste poluente, como indicado na

Figura 4.2, não é elevado, 2% a 4% para B20, mas deve ser considerado porque é um dos principais precursores do ozônio troposférico, atualmente o mais grave problema de qualidade do ar nos grandes centros urbanos (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

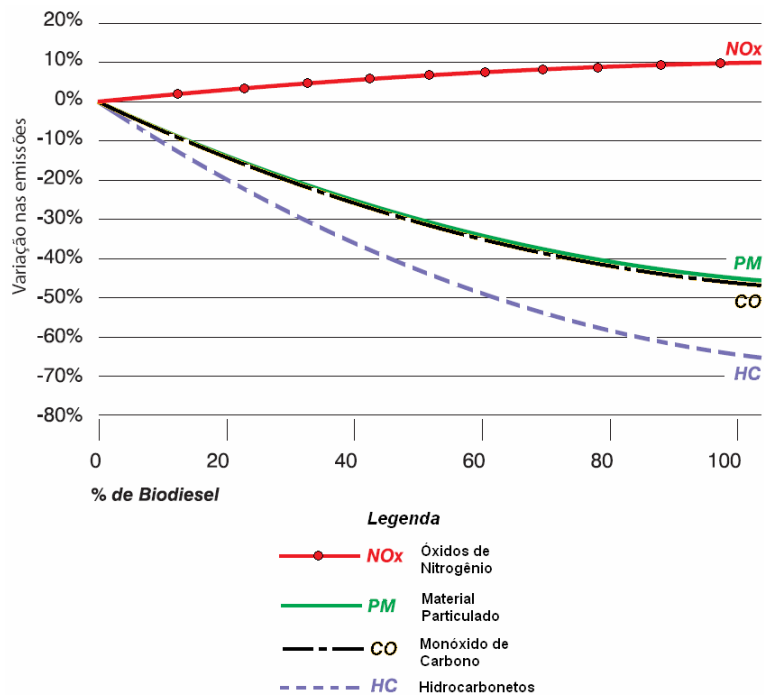


Figura 4.2: Efeitos do biodiesel sobre as emissões associadas ao diesel (MACEDO, NOGUEIRA 2005).

O aumento das emissões de NO_x associado ao biodiesel tem sido confirmado por muitos estudos. Sua atenuação tem sido sugerida com o uso de aditivos e alterações nos motores (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

Outra forma de redução de até 13% das emissões de NO_x é a utilização de catalisadores. Entretanto o elevado teor de enxofre nos combustíveis e de material particulado presente no óleo diesel comercializado no Brasil impossibilitam o uso de catalisadores. Desta forma o uso do biodiesel permitirá o uso destes equipamentos capazes de reduzir a poluição (PENTEADO, 2005).

O gráfico da Figura 4.2 não mostra o benefício sobre as emissões de óxidos de enxofre (SO_x). Quanto à poluição atmosférica, o enxofre influi na emissão de particulados, tanto através da formação de partículas diretas (sulfatos metálicos), como de indiretas (sulfato de amônia, responsável pela chuva ácida). Como o biodiesel não contém enxofre, as emissões destes óxidos são reduzidas com o uso do biocombustível (PENTEADO, 2005; MACEDO; NOGUEIRA, 2005).

As emissões de gases de efeito estufa associadas ao biodiesel têm sido avaliadas na última década, nas condições europeias, considerando o uso de colza e soja como matérias-primas e ésteres

metálicos como B10 e B20. Os resultados, expressos em biodiesel puro (B100), indicam reduções de 40% a 60% das emissões correspondentes ao diesel puro (MACEDO; NOGUEIRA, 2005).

4.2.10 INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO BIODIESEL NO DESEMPENHO DOS MOTORES DIESEL

Nesta seção é apresentada a Tabela 4.1 com os principais efeitos causados nos sistemas de injeção de um motor diesel quando é usado biodiesel.

Tabela 4.1: Influências das propriedades físico-químicas nos sistemas de injeção. Tabela adaptada de (PENTEADO, 2005).

Propriedade	Ordem de Grandeza em Relação ao Valor Nominal da Propriedade	Efeito causado no motor
Densidade	Baixa	Menos torque e potência (menor conteúdo energético) – pode existir a necessidade de revisão da calibração do motor.
	Alta	Mais torque e potência (maior conteúdo energético).
		Maior pressão em sistemas mecânicos comandados por came – pode ser necessária reavaliação da calibração dos motores e sistemas de injeção.
		Menor quantidade injetada em sistemas comandados por tempo CRS (<i>Common Rail System</i> sistema de fluxo comum para injeção de diesel e biodiesel) – menor potência.
Viscosidade	Baixa	Aumento de vazamento de diesel – partida a quente e marcha lenta podem ser afetadas.
		Aumento no desgaste de peças com movimento relativo devido ao filme hidrodinâmico mais fino e menos oscilações absorvidas.
		Maior quantidade injetada em sistemas comandados por tempo (CRS) – mais fumaça.
	Alta	Aumento da pressão no sistema de injeção mecânico – pode ser necessária reavaliação da aplicação e dos componentes.
		Maior diferencial de pressão em filtros de combustível.
		Menor quantidade injetada em sistemas comandados por tempo (CRS) – menor potência.
Estabilidade a Oxidação	Baixa	Corrosão nos componentes do sistema de injeção.
		Depósito de produtos de envelhecimento nos componentes internos do sistema de injeção.
	Alta	Não tem influência.

4.3 MATÉRIAS-PRIMAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Conforme apresentado no item 4.1, o biodiesel é produzido a partir de óleos vegetais, gorduras animais, óleos de fritura ou gordura usados, e um álcool. Além disso, são usados catalisadores, e aditivos no processo. Nesta seção será feito um breve estudo sobre as principais matérias-primas utilizadas no processo de produção de biodiesel.

4.3.1 OLÉOS E GORDURAS

Os triglicerídeos necessários para a produção de biodiesel são extraídos de fontes naturais (plantas oleaginosas e animais) e a partir de efluentes das atividades humanas (processos industriais e esgotos). A Tabela 4.2 ilustra esta afirmação.

Tabela 4.2: Classificação das matérias-primas para a produção de biodiesel (Elaboração própria a partir de (PENTEADO, 2005; HILL; KURKI; MORRIS, 2006)).

	Origem Natural		Origem Residual	
Tipo de Matéria-Prima	Óleos e Gorduras de Animais	Óleos e Gorduras Vegetais	Óleos e Residuais de Frituras	Matérias Graxas de Esgoto
Fonte	Matadouros Frigoríficos Curtumes	Plantações agrícolas temporárias ou permanentes Extrativismo	Cocções comerciais e industriais	Águas residuais de centros urbanos e indústrias
Obtenção	Extração com água e vapor	Extração Mecânica Extração Solvente Extração Mista	Acumulações e Coletas	Em fase de pesquisa e desenvolvimento

Analisando a Tabela 4.2 no tocante aos óleos vegetais, pode-se enumerar uma grande variedade de espécies oleaginosas. A seguir na Tabela 4.3 são apresentadas as principais culturas de oleaginosas praticadas no mundo e sua produção de óleo por hectare.

Tabela 4.3: Produção de óleo de várias culturas de plantas oleaginosas (Adaptado de HILL; KURKI; MORRIS, 2006).

Planta	Litros de Óleo por ha cultivado	Planta	Litros de Óleo por ha cultivado
Palma(Dendê)	5710	Arroz	790
Macauba	4310	<i>Buffalo Gourd</i> (tipo de semente de cabaceira)	760
Pequi	3580	Açafrão	750
Buriti	3130	Crambe	670
Oiticia	2870	Gergilim	660
Coco	2580	Canola	560
Abacate	2530	Mostarda	550
Castanha do Pará	2290	Coentro	510
Macadamia	2150	Semente de Abóbora	510
Pinhão Manso	1810	Euphorbia	510
Babaçu	1760	Avelã	460
Jojoba	1740	Linhaça	460
Pecan	1710	Café	440
Bacuri	1370	Soja	430
Mamona	1360	Cânhamo	350
Gopher Plant	1280	Caroço de Algodão	310
Piassava	1270	Calendula	290
Oliveira	1160	Kenaf	260
Colza	1140	Semente de Seringueira	240
Papoula	1110	Lupino	220
Amendoim	1020	<i>Erythea</i> (espécie de palma)	220
Cacau	980	Aveia	210
Girassol	920	Castanha de Caju	170
Tungue	900	Milho	170

Analisando-se a Tabela 4.3 observa-se num primeiro momento que a melhor matéria-prima para se investir para a produção de óleo é a palma ou dendê.

O rendimento de óleo por área plantada é o principal parâmetro utilizado para a escolha do tipo de oleaginosa. Entretanto existem outros parâmetros que devem ser levados em conta, como a disponibilidade de matéria-prima na região escolhida para a instalação da planta de biodiesel; considerando-se também os custos de produção e mão-de-obra. Esta análise resulta na escolha de espécies oleaginosas típicas da região onde a planta de biodiesel será instalada na medida que as mesmas, na maioria dos casos, terão maior disponibilidade e preços mais baixos. Esta questão será abordada no Capítulo 7: Análise Agroeconômica da Produção de Biodiesel no Brasil.

A gordura animal é produzida a partir de bovinos e suínos. O óleo de fritura usado é oriundo de restaurantes e empresas de gêneros alimentícios. Devido à abundância e aos baixos custos destas matérias-primas, a aplicação das mesmas na produção de biodiesel nos Estados Unidos está sendo amplamente investigada (ZHANG *et al*, 2002, 2003a, 2003b; KNOTHE *et al*, 2005a; DU; KOJIMA; PARK; SATO, 2006).

É importante lembrar que toda a matéria-prima, dependendo da origem, deve sofrer um tratamento antes de ser utilizada visando o rendimento máximo na produção. Os principais parâmetros que devem ser observados são a umidade e a concentração de ácidos graxos livres (PENTEADO, 2005).

Outras matérias-primas não convencionais são os óleos e gorduras produzidos a partir de algas, fungos, bactérias e esgotos urbanos. O uso destas matérias-primas ainda está sendo investigado e até o momento a sua utilização em escala industrial é inviável. (SHALY, 1993; PENTEADO, 2005; QINGYU; XIAOLING, 2006).

4.3.2 ÁLCOOL

Os álcoois mais comumente utilizados para a produção de biodiesel são aqueles de cadeia curta como o metanol e o etanol.

O uso de álcoois de cadeia longa (ramificados ou não) como, por exemplo, o butanol e o propanol no biodiesel foi cogitado, entretanto os altos custos destes álcoois tornam a sua aplicação impraticável. Além disso, o aumento do tamanho da cadeia do álcool gera uma maior sofisticação do processo (ARANDA, 2005a; KNOTHE *et al*, 2005a).

Desta forma, neste estudo será discutido apenas o uso do metanol e do etanol que são os álcoois utilizados na produção industrial de biodiesel no Brasil e no mundo (KNOTHE *et al*, 2005a).

Comparando o uso do etanol e do metanol na produção de biodiesel percebe-se que a transesterificação etílica é mais lenta e complexa que a metílica (ARANDA, 2005a).

Entretanto, trabalhando-se as quantidades estequiométricas relativas entre catalisador, álcool e óleo não transesterificado, bem como outras variáveis de processo como temperatura, agitação e tempo de reação, acredita-se ser possível atingir qualidade similar do produto obtido via rota metílica. Devido ao caráter azeotrópico do etanol, o processo de recuperação deste álcool é também mais complexo e dispendioso. A possibilidade de utilização de álcool etílico na produção de biodiesel é de alto interesse, considerando as condições particulares do Brasil, onde são produzidos volumes expressivos de etanol de um modo sustentável e a preços competitivos (ARANDA, 2005a; MACEDO; NOGUEIRA, 2005).

Uma comparação ente os dois álcoois é apresentada na Tabela 4.4:

Tabela 4.4: Comparação entre o uso do metanol e do etanol na produção de biodiesel. Adaptação de (MACEDO; NOGUEIRA 2005; PENTEADO, 2005).

Parâmetro de Comparação	Propriedade	Éster Metílico	Éster Etílico
Produto Final	Conversão(óleo→biodiesel).	97,5%	94,3%
	Glicerina total no biodiesel.	0,87%	1,40%
	Viscosidade.	3,9 a 5,6 cSt a 40°C	7,2% superior ao éster metílico
	Perda de potência percentual em relação ao diesel.	2,5% menor	4% menor
	Consumo percentual do biodiesel em relação ao diesel.	10% maior	12% maior
Parâmetro de Comparação	Quantidades e Condições Usuais Médias Aproximadas	Processo Metílico	Processo Etílico
Processo de Produção	Quantidade consumida de álcool em (Kg) para a produção de 1000 litros de biodiesel.	90	130
	Excesso recomendado de álcool recuperável, por destilação, após a reação.	100%	650% (*)
	Temperatura recomendada de reação.	60°C (*)	85°C (*)
	Tempo de reação (em minutos).	45 (*)	90 (*)

(*) Os valores apresentados são apenas para referência na medida que os mesmos dependem do catalisador utilizado na reação, do processo e da tecnologia empregada na produção. Atualmente existem processos etílicos que trabalham com excessos de álcool e temperaturas de reação bem menores (ARANDA, 2007).

A análise superficial dos dados acima mostra que o uso de metanol é bem mais vantajoso. Esta afirmação é verdadeira no contexto técnico, entretanto, no contexto econômico análises mais detalhadas devem ser feitas; mesmo considerando que o preço médio do etanol é, em alguns casos, cerca de 50% menor do que o do metanol (PENTEADO, 2005).

Mundialmente existe a predominância da transesterificação metílica, principalmente na Europa e na América do Norte; devido às vantagens técnicas e econômicas apresentadas anteriormente (KNOTHE *et al*, 2005a).

No Brasil, atualmente, uma vantagem do uso do etanol é a oferta de álcool, disponível em todo o território nacional, valendo-se, inclusive, da experiência do PROÁLCOOL. Entretanto, os custos diferenciais de fretes, para abastecimentos de etanol comparado com o abastecimento de metanol, em certas situações, podem influenciar na tomada de decisão (MACEDO; NOGUEIRA 2005; PENTEADO, 2005).

Por exemplo, no caso de refinarias de petróleo que decidam produzir biodiesel, o uso do metanol é mais vantajoso que o etanol numa primeira análise.

Entretanto, no Brasil, a oferta de etanol é cerca de 30 vezes maior que a do metanol, além da grande vantagem de ser oriundo de biomassa, o que representa maior potencial da redução de emissão de gases do efeito estufa e desenvolvimento social. Outro aspecto muito difundido é quanto a seu manuseio não ser perigoso, ainda que no caso do metanol isto se dê apenas durante a fabricação, já que o biodiesel de qualquer álcool tem o mesmo nível de toxidez (MACEDO; NOGUEIRA 2005; PENTEADO, 2005).

Desta forma no Brasil, a adoção do etanol é uma opção viável na medida que existe compromisso entre aspectos técnicos, econômicos e sociais que motivam o uso dele; mesmo existindo alguns casos que o uso do metanol é mais favorável.

4.3.3 CATALISADORES

Os catalisadores mais comuns usados na reação de transesterificação são as bases e os ácidos.

Os catalisadores mais empregados nas reações com óleos vegetais crus ou refinados são o hidróxido de potássio (KOH), o hidróxido de sódio (NaOH) e o metóxido de sódio (NaOMe) (CLEMENTS *et al*, 2004; PENTEADO, 2005).

Na maioria das plantas industriais o NaOH e o KOH são largamente utilizados. O KOH embora mais caro, gera menos problemas de sabões do que o NaOH e quando neutralizado com ácido fosfórico produz como resíduo o fosfato de potássio (K_3PO_4), um fertilizante que pode ser aproveitado (CLEMENTS *et al*, 2004; PENTEADO, 2005).

O metóxido de sódio (NaOMe) ou potássio (KOMe) é o melhor catalisador, porém é mais caro que os catalisadores básicos. Mesmo assim, grandes plantas da Europa e EUA utilizam este último. Outras vantagens do uso do NaOMe são a produção de um biodiesel mais próximo das especificações normalizadas e de uma glicerina mais pura. Desta forma, os processos de purificação e separação dos produtos é simplificado (CLEMENTS *et al*, 2004; PENTEADO, 2005).

Os catalisadores ácidos são usados quando o óleo ou gordura tem alta concentração de ácidos graxos livres; por exemplo, os óleos residuais de frituras e gordura animal. O processo de transesterificação usado nestes casos é feito em duas etapas: a primeira na qual é aplicado o ácido e a segunda na qual é aplicado um catalisador básico que tem a função de neutralizar o ácido e catalizar a reação dos triglicerídeos existentes. O ácido sulfúrico (H_2SO_4) e o fosfórico (H_3PO_4) são as substâncias mais comuns (CLEMENTS *et al*, 2004).

Os ácidos são muito mais lentos que as bases na transesterificação (cerca de 1000 vezes mais lentos) e as temperaturas de reação são bem mais elevadas (ARANDA, 2005a; KNOTHE, *et al*, 2005a).

A possibilidade da utilização de catalisadores heterogêneos; isto é um catalisador não solúvel no meio reacional e recuperável; foi cogitada a partir do estudo de processos de transesterificação não-catalíticos. Estes processos são caracterizados pela aplicação de altas pressões e temperaturas no reator. Em alguns destes casos constatou-se que as reações inicialmente consideradas não catalisadas foram na verdade catalisadas pelo metal da superfície interna do reator. A partir desta descoberta inicia-se o desenvolvimento de catalisadores heterogêneos (KNOTHE, *et al*, 2005a).

Os catalisadores heterogêneos são melhores que as bases e os ácidos na medida que possuem as seguintes vantagens (ARANDA, 2005b):

- a) não são solúveis no meio reacional evitando a etapa de neutralização e a conseqüente produção de resíduos.
- b) são de fácil separação e reutilizáveis.

Existem muitos compostos químicos que podem ser utilizados como catalisadores heterogêneos. Estes tipos de catalisadores estão sendo desenvolvidos e as suas aplicações ainda são bem restritas. Os catalisadores ácido-sólidos foram estudados por López *et al* (2005) e Aranda, (2005b).

A Universidade do Rio de Janeiro patenteou em 2004 um processo de esterificação do óleo de palma com o uso do ácido nióico (CBMM), um catalisador ácido-sólido, implementado na produtora de biodiesel Agropalma no estado do Pará (ARANDA, 2005b).

4.4 ROTAS TECNOLÓGICAS PARA O APROVEITAMENTO DE ÓLEOS VEGETAIS E GORDURA ANIMAL PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Nesta seção serão estudadas as rotas tecnológicas usadas para a produção de biocombustíveis a partir de óleos vegetais e gordura animal. O objetivo aqui é descrever de uma maneira geral cada rota tecnológica proporcionando ao leitor uma visão geral do tema que será analisado em detalhe no Capítulo 5.

A Figura 4.3 mostra as rotas tecnológicas disponíveis para a produção de combustíveis a partir de óleos vegetais e gordura animal (BRECCIA, 1999; KUSDIANA; SAKA, 2001; STAVARACHE *et al*, 2003; KAZUA, 2004; LIFKA; ONDRUSCHKA, 2004; TAKUJI *et al*, 2004; KLADT, 2005; PENTEADO, 2005; DEMIRBAS, 2006; YMAZAKI *et al*, 2006).

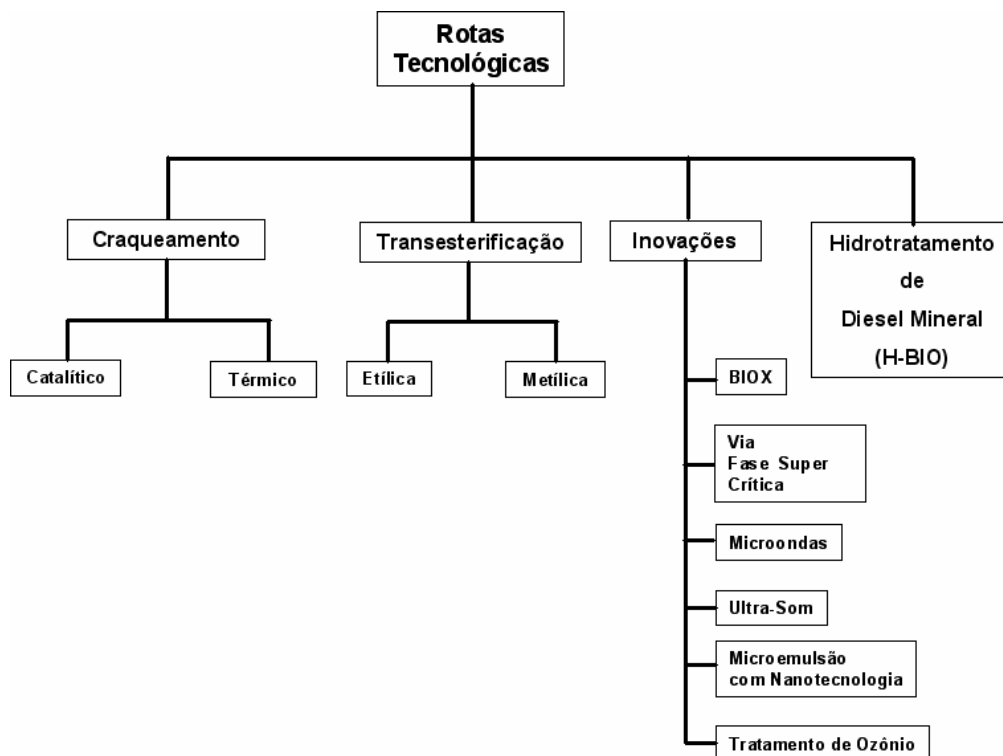


Figura 4.3: Rotas tecnológicas para a produção de combustíveis a partir de óleos vegetais e gordura animal (Elaboração própria).

A seguir cada rota tecnológica será analisada enfocando suas principais características, vantagens e desvantagens.

4.4.1 TRANSESTERIFICAÇÃO

O processo de produção de transesterificação é o mais utilizado para a produção de bicompostíveis a partir de óleos vegetais e gordura animal. Conforme explicado no item 4.1- A Química do Biodiesel, a transesterificação consiste na reação entre um óleo ou gordura e um álcool de cadeia curta, na presença de um catalisador, resultando num mono-álquil-éster, denominado biodiesel, e glicerina.

Na indústria esta reação pode ser implementada através de processos contínuos ou bateladas. A opção por um ou por outro dependerá do volume de produção da planta. Para plantas com capacidade de produção menor que 4 milhões de litros por ano o processo contínuo não é viável (KNOTHE *et al*, 2005a).

A Figura 4.4 mostra um diagrama de blocos do processo de batelada.

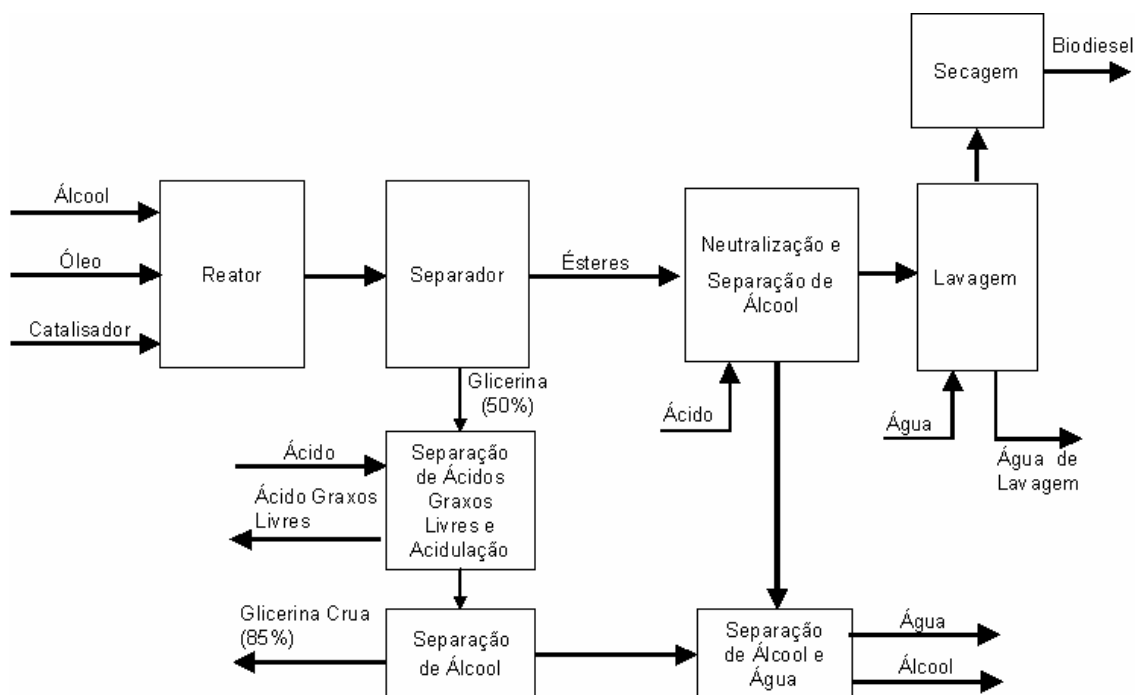


Figura 4.4: Diagrama de blocos do processo de transesterificação por batelada. Figura adaptada de (KNOTHE *et al*, 2005a).

No processo acima o óleo é carregado no reator seguido do álcool e o catalisador que nos processos convencionais é uma base. O sistema é agitado e aquecido durante o tempo de reação. Estas variáveis dependem do tipo de álcool e catalisador utilizado. Então a agitação é cessada. Em alguns processos a mistura repousa no reator proporcionando uma separação inicial dos ésteres e da glicerina. No processo mostrado na Figura 4.4 a mistura é bombeada para um tanque

de decantação ou separada através de uma centrífuga (CLEMENTS *et al*, 2004; KNOTHE *et al*, 2005a).

O álcool é separado da glicerina e do éster através de evaporação. Os ésteres são neutralizados, lavados com água levemente aquecida e ácida para a remoção de resíduos de álcool e sais, e depois são submetidos a um processo de secagem. A glicerina é neutralizada e lavada com água (CLEMENTS *et al*, 2004; KNOTHE *et al*, 2005a).

Ao éster resultante ou biodiesel podem ser acrescentados aditivos que servem para ajustar as características do produto às especificações normalizadas. Este estágio depende muito do tipo de óleo ou gordura utilizado no processo (CLEMENTS *et al*, 2004; KNOTHE *et al*, 2005a).

É importante lembrar que dependendo do álcool e da matéria-prima utilizada; o processo descrito anteriormente pode ser modificado principalmente no estágio de reciclagem do álcool; onde o processo torna-se um pouco mais complexo quando usa-se etanol devido à formação de um azeótropo daquele com a água. Outro caso importante é quando são utilizados catalisadores heterogêneos onde o estágio de neutralização pode ser eliminado (CLEMENTS *et al*, 2004; KNOTHE *et al*, 2005a).

O processo contínuo de transesterificação é uma variação do processo por batelada descrito anteriormente. O diagrama de blocos do processo é apresentado na Figura 4.5. A diferença é a configuração de reatores em série com volumes variáveis. Esta prática permite que a mistura permaneça por um longo período no primeiro estágio; resultando numa grande escala de reação. Depois que a glicerina produzida é decantada, a mistura segue para os estágios subseqüentes onde mais álcool é acrescentado. O número de estágios varia de acordo com o volume de produção desejado. O tempo de permanência da mistura em cada estágio é decrescente na medida que a mesma avança no processo. A partir do segundo estágio o incremento da velocidade do processo já é bem expressivo. Por isso que este processo é indicado para plantas com grandes volumes de produção (CLEMENTS *et al*, 2004).

As técnicas de separação da glicerina, álcool e resíduos são as mesmas descritas para o processo de batelada.

Uma característica importante do reator é garantir uma taxa de agitação mínima para assegurar que a composição da mistura seja constante em todos os pontos do mesmo e a reação de transesterificação se processe com um rendimento aceitável. Esta prática causa uma dispersão maior da glicerina e de resíduos nos ésteres produzidos; aumentando, portanto, o tempo de separação de fases nos tanques por decantação (CLEMENTS *et al*, 2004).

Analisando as premissas anteriores sob a ótica do conceito de processo contínuo, percebe-se que o aumento do volume de produção da planta pode ser prejudicado pelo tempo de decantação nos tanques inviabilizando o processo. Neste caso a solução seria utilizar centrífugas para a operação de separação aumentando os custos de

implementação. Para contornar este problema os reatores em forma de tanque são substituídos por reatores tubulares. Nesta configuração a mistura movimenta-se através de uma secção contínua com uma leve agitação axial ao longo do percurso. Este tipo de reator comporta-se como se vários reatores em forma de tanque estivessem ligados juntos (CLEMENTS *et al*, 2004).

O resultado é um sistema contínuo com alta velocidade de reação, cerca de 6 a 10 minutos. Os reatores tubulares também podem ser configurados em múltiplos estágios, como mostrado na Figura 4.5 abaixo, visando à separação da glicerina. É importante lembrar que estes sistemas são operados em temperaturas e pressões elevadas para aumentar a velocidade da reação (CLEMENTS *et al*, 2004).

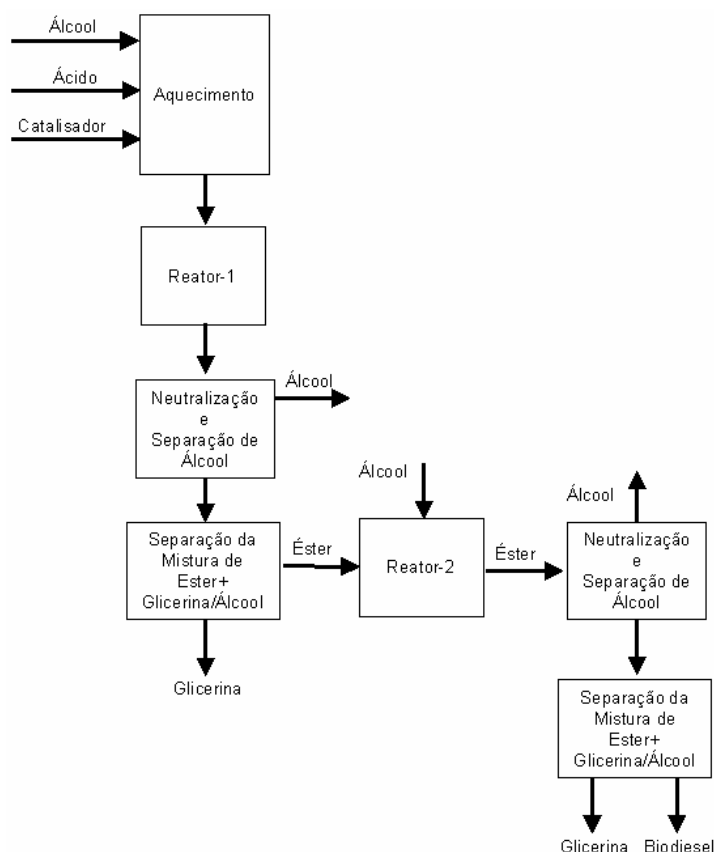


Figura 4.5: Diagrama de blocos do processo de transesterificação contínuo. Figura adaptada de (CLEMENTS *et al*, 2004).

As implicações do uso do álcool etílico ou metílico no processo de transesterificação já foram discutidas na seção anterior quando os álcoois foram analisados.

Quando o óleo vegetal ou gordura animal utilizado possui uma alta concentração de ácidos graxos livres, isto é, maior que 2%, o mesmo

precisa passar por um pré-tratamento de esterificação. Este tratamento é baseado na conversão dos ácidos graxos livres em ésteres; através de uma reação de esterificação com catalisador ácido. Este processo resulta num óleo com um nível baixo de ácidos graxos livres. Num segundo momento este óleo é transesterificado via catálise básica para a conversão dos triglicerídeos remanescentes no óleo e neutralização do ácido, conforme mostrado anteriormente. Na Figura 4.6 é apresentado o digrama de blocos deste processo (CLEMENTS *et al*, 2004; KNOTHE *et al*, 2005a).

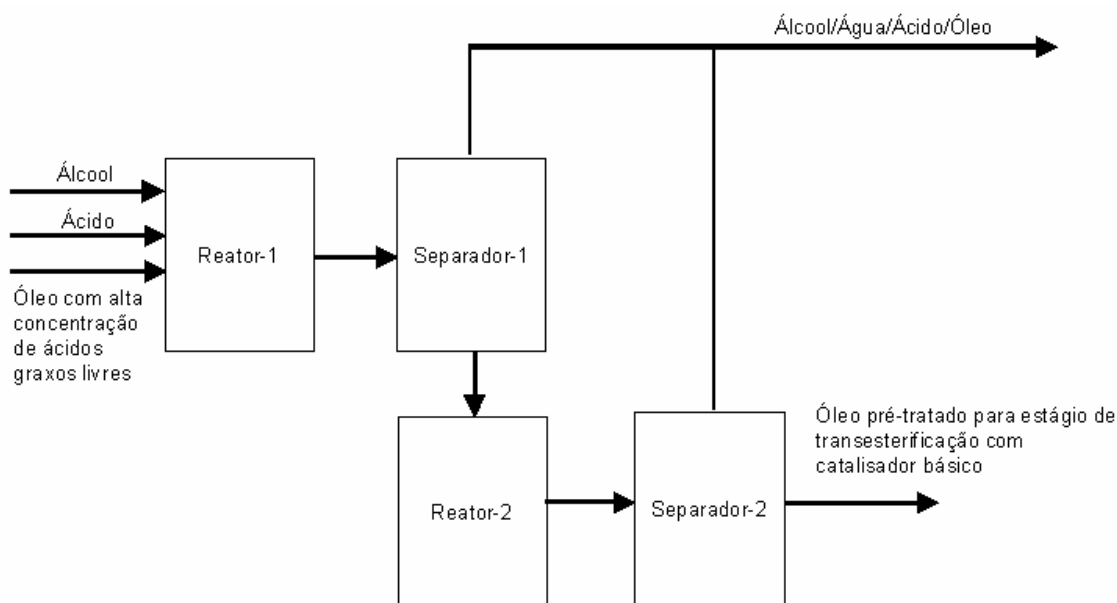


Figura 4.6: Diagrama de blocos de processo de pré-tratamento com catalisador ácido. Figura adaptada de (KNOTHE *et al*, 2005a).

No processo mostrado na Figura 4.6 o óleo é carregado no reator. Em seguida são adicionados o catalisador ácido e o álcool. A reação de esterificação inicia-se resultando em ésteres e água. Esta água acumulada no reator pode parar a reação bem antes da conclusão dela (CLEMENTS *et al*, 2004; KNOTHE *et al*, 2005a).

Desta forma o processo é feito em dois estágios; onde o álcool é separado do óleo ou gordura pré-tratada depois da reação. Remover o álcool significa também remover a água formada; permitindo, desta forma, um segundo estágio de esterificação ácida (CLEMENTS *et al*, 2004; KNOTHE *et al*, 2005a).

Após o segundo estágio obtém-se o óleo pré-tratado que seguirá para a fase de transesterificação com catálise básica. Como resíduo do processo obtemos uma mistura de álcool, água, óleo dissolvido e ácidos graxos livres. Esta mistura deve ser reciclada e o óleo bem como os ácidos graxos livres reprocessados (CLEMENTS *et al*, 2004; KNOTHE *et al*, 2005a).

4.4.2 CRAQUEAMENTO

O processo de craqueamento consiste na quebra das moléculas do óleo vegetal ou gordura, levando à formação de uma mistura de compostos químicos com propriedades muito semelhantes às do diesel, gases e gasolina de petróleo, que podem ser usados diretamente em motores convencionais. Esta reação é realizada a altas temperaturas, acima de 350°C, na presença ou ausência de catalisador, portanto, o craqueamento pode ser térmico ou catalítico (SUAREZ, 2004; QUIRINO, 2006).

O produto resultante é um óleo cru, de origem vegetal ou de gordura animal, que pode ser refinado em diesel, gasolina e querosene com propriedades semelhantes aos seus correspondentes de origem mineral (CHANG; WAN, 1947; SUAREZ, 2004).

A Figura 4.7 ilustra um processo de craqueamento desenvolvido por (CHANG; WAN, 1947):

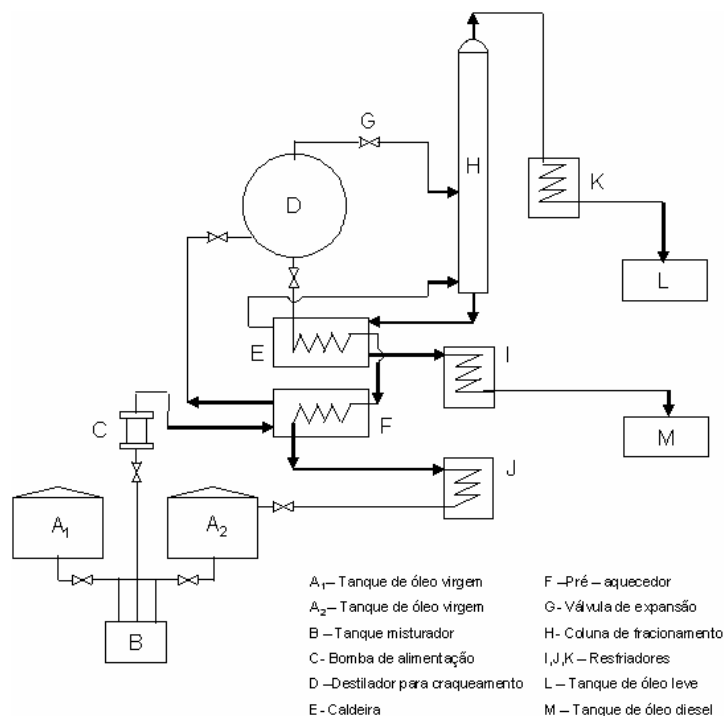


Figura 4.7: Fluxograma de processo de craqueamento de óleos vegetais ou gordura animal. Adaptado de (CHANG; WAN, 1947).

No sistema da Figura 4.7, o óleo virgem misturado com óleo reciclado é bombeado para o pré-aquecedor *F* e depois vai para o destilador de craqueamento *D* enquanto os vapores craqueados se expandem através da válvula *G* para a coluna de fracionamento *H*. O óleo pesado no destilador *D* depois de purgado, passa pela caldeira *E* e em seguida é pré-aquecido por *F*. A partir deste ponto o óleo pode seguir dois

caminhos: pode ser resfriado por água em *J* e armazenado para reciclagem ou pode ser destilado novamente seguindo para *D*. O óleo leve oriundo do topo da coluna *H* é condensado e resfriado em *K*, onde depois pode ser refinada gasolina e querosene; enquanto a porção pesada alojada na base da coluna é armazenada como óleo diesel em *M* depois de ser resfriada em *I* (CHANG; WAN, 1947).

Apesar da simplicidade do uso de apenas alta temperatura para realizar o craqueamento, a grande desvantagem é a formação de compostos oxigenados, os quais tornam o produto altamente ácido. Já quando a reação é realizada na presença de catalisadores, processo mais comum, estes produtos oxigenados são reduzidos. Como catalisadores ativos para o craqueamento, encontram-se descritos na literatura essencialmente aluminossilicatos, tais como argilas, zeólitas e sílica (SUAREZ, 2004; QUIRINO, 2006).

As vantagens da utilização deste processo em relação a transesterificação são (FELLICI; GAZZONI, 2006):

- a) a não utilização de álcool;
- b) a não produção de glicerina como subproduto;
- c) relativa facilidade de operação.

Em contrapartida as desvantagens do processo são relevantes restringindo a sua aplicação. Dentre elas (CHANG; WAN, 1947; FANGRUI; HANNAB, 1999; FUKUDA; KONDO; NODA, 2001; RUBIN, 2005; FELLICI; GAZZONI, 2006):

- a) o rendimento do processo é relativamente baixo, cerca de 60 a 70%;
- b) inviabilidade econômica quando comparado com o processo de craqueamento de petróleo, isto é, a implementação de uma planta exclusiva para craqueamento de óleos vegetais é inviável. Entretanto quando consideramos o abastecimento de comunidades agrícolas isoladas e preços elevados do barril de petróleo no mercado, o processo pode ser viável;
- c) a perda das propriedades relacionadas às baixas emissões de poluentes proporcionadas pelo biodiesel na medida que os compostos produzidos são semelhantes aqueles de origem mineral;
- d) alto gasto de energia no processo devido às altas temperaturas da reação.

Entretanto, mesmo com os obstáculos citados anteriormente, no Brasil existem iniciativas para o desenvolvimento de pequenas e médias plantas de craqueamento para serem aplicadas no abastecimento energético de comunidades agrícolas isoladas. Nestes locais não existe acesso a combustíveis fósseis e energia elétrica (RUBIN, 2005; FELLICI; GAZZONI, 2006).

Um protótipo com capacidade de produção de 250 litros de óleo cru foi desenvolvido pela Universidade de Brasília em conjunto com a Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Neste projeto são previstos 4 estágios de recolhimento das frações destiladas com a

produção de diesel, gasolina, querosene e gás liquefeito de petróleo (RUBIN, 2005; FELLICI; GAZZONI, 2006).

Na Figura 4.8 segue uma ilustração do protótipo.



Figura 4.8: Protótipo de planta de craqueamento de óleo vegetal e gordura animal (RUBIN, 2005).

4.4.3 HIDROTRATAMENTO DE ÓLEO DIESEL MINERAL

Os óleos vegetais podem ser utilizados como adjuvantes no refino de óleo diesel mineral contribuindo para a melhoria da qualidade do produto final.

Este processo é baseado nas técnicas de hidrotratamento (HDT) de diesel utilizadas para a redução dos níveis de enxofre, nitrogênio, oxigênio e compostos aromáticos no combustível.

O processo HDT de diesel consiste fundamentalmente em uma reação catalítica entre o hidrogênio (produzido nas refinarias nas unidades de reforma a vapor) e frações de diesel geradas nas colunas de destilação, no coqueamento retardado e no craqueamento catalítico do gasóleo. Estas frações de diesel contêm em sua estrutura teores excessivos de enxofre, nitrogênio, oxigênio e aromáticos. Esses elementos são removidos no processo de HDT. O processo de remoção de enxofre é chamado de hidrodessulfurização (HDS). O processo de remoção de nitrogênio é chamado de hidrodesnitrogenação (HDN). O processo de remoção de aromáticos é chamado de hidrodesaromatização (HDA) O processo de remoção de oxigênio é chamado de hidrodesoxigenação (HDO) (ARANDA, 2006).

Recentemente a Petrobras desenvolveu a técnica denominada H-BIO que insere óleos vegetais no processo de refino de diesel mineral através de HDT. Os objetivos principais deste projeto são a melhoria da qualidade do produto final; a inserção de uma parcela de matéria-prima renovável no processo complementando o programa brasileiro de biodiesel; e a utilização de instalações existentes (PETROBRAS, 2006).

O combustível produzido é gerado num processo de HDT. A Figura 4.9 ilustra o processo.

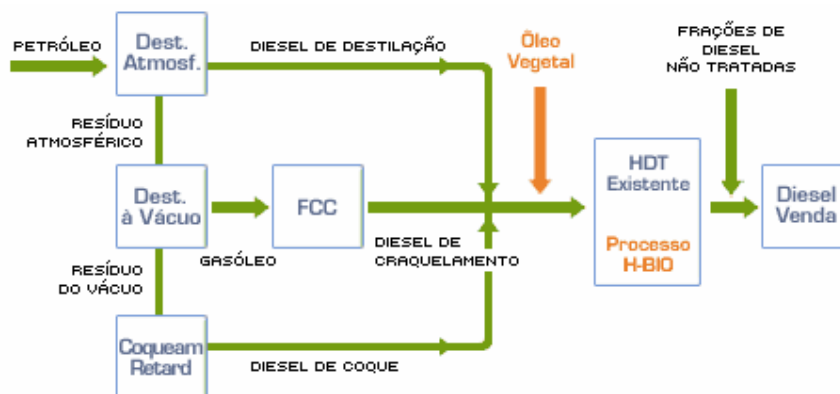


Figura 4.9: Diagrama de blocos do processo H-BIO típico em refinaria de petróleo (PETROBRAS, 2006).

Basicamente, de acordo com o diagrama de blocos acima, o óleo vegetal ou animal é misturado com frações de diesel de petróleo para ser hidroconvertido em unidades de hidrotreatamento (HDT), que são empregadas nas refinarias, principalmente para a redução do teor de enxofre e melhoria da qualidade do óleo diesel, ajustando as características do combustível às especificações da ANP-Agência Nacional do Petróleo (PETROBRAS, 2006).

O processo envolve uma hidroconversão catalítica da mistura de frações de diesel e óleo de origem renovável, em um reator de HDT, sob condições controladas de alta temperatura e pressão de hidrogênio. Assim, o óleo vegetal é transformado em hidrocarbonetos parafínicos lineares, similares aos existentes no óleo diesel de petróleo. Esses compostos contribuem para a melhoria da qualidade do óleo diesel final, destacando-se o aumento do número de cetano, que garante melhor qualidade de ignição, e a redução da densidade e do teor de enxofre. O benefício na qualidade final do produto é proporcional ao volume de óleo vegetal usado no processo (PETROBRAS, 2006).

No desenvolvimento desta tecnologia foram testados, em planta piloto, diferentes óleos vegetais tais como soja e mamona, em diferentes condições de operação, que evidenciaram as vantagens do processo onde se destaca o alto rendimento, de pelo menos 95%, em diesel sem a geração de resíduos e uma pequena produção de propano. Por

exemplo para 90 kg de óleo de soja são processados 80 kg de diesel e 2,3 Nm³ de propano. Para cada tonelada de combustível produzido consome-se cerca de 27 kg de hidrogênio (ARANDA, 2006; PETROBRAS, 2006).

Em termos ambientais, apesar da utilização de fontes renováveis (óleo vegetal), o diesel obtido pelo processo H-BIO não é capaz de reduzir as emissões de monóxido de carbono e material particulado. Tanto o monóxido de carbono quanto os materiais particulados são gerados por combustão incompleta. O diesel refinado pelo processo H-BIO que não possui oxigênio na estrutura (hidrocarboneto), quando é queimado não promove uma combustão mais completa; gerando as emissões de poluentes citadas. Outra consequência do diesel refinado pelo processo H-BIO não possuir enxofre e oxigênio é a produção de um combustível com lubricidade menor que o diesel tradicional (ARANDA, 2006).

Foram realizados testes em planta piloto com até 30% de óleo vegetal na carga do HDT, em mistura com frações de diesel, tendo gerado um produto que tem características similares ao diesel de petróleo. Porém, o uso dessa alta proporção de óleo vegetal, nas unidades industriais de HDT existentes, encontra restrições operacionais devido ao maior consumo de hidrogênio e limitações de alguns equipamentos que não foram dimensionados para tal no seu projeto original (PETROBRAS, 2006).

A Petrobrás inaugurou sua primeira unidade de HDT em 1998, na Refinaria Presidente Bernardes, em Cubatão, no Estado de São Paulo. Atualmente, existem unidades HDT em São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Paraná e Minas Gerais. Em 2007 a Petrobrás planeja implantar o processo H-BIO em outras refinarias. A atual capacidade instalada de HDT no Brasil corresponde a 36% do diesel produzido no Brasil, ou seja, cerca de 64% do diesel refinado no Brasil não passa pelo processo de HDT. Como o HDT é extremamente eficiente, um produto de HDT bastante puro é misturado com diesel que não passa pelo HDT. Desse modo, gera-se o diesel que se consome hoje no país. Não se processa todo o diesel no HDT por uma questão econômica que envolve investimentos e custos operacionais (ARANDA, 2006; PETROBRAS, 2006).

Pode-se dizer que o processo com H-BIO só é viável para grandes refinarias de petróleo que já possuem unidades de HDT com capacidade ociosa e que processem óleos e gorduras mais baratas que o petróleo. Para produtores de óleos vegetais é inviável a instalação de plantas de HDT para produção de H-BIO (ARANDA, 2006).

No modelo de negócio do H-BIO, o produtor de grãos e óleos vegetais limita-se a ser um fornecedor de matéria-prima, sem possibilidades de agregar valor a seu produto (ARANDA, 2006).

Estas questões serão tratadas com mais profundidade nos capítulos posteriores onde as questões econômicas serão analisadas.

4.4.4 INOVAÇÕES

Mundialmente a produção de biodiesel é feita através dos processos clássicos de transesterificação descritos anteriormente.

Entretanto várias pesquisas em busca de rotas tecnológicas alternativas estão sendo realizadas com o objetivo de redução de custos decorrentes da redução de tempo e otimização dos processos. Ao longo desta seção serão descritos alguns processos de produção de biodiesel que estão em fase de desenvolvimento e pesquisa (KLADT, 2005).

O processo denominado BLOX é caracterizado pelo emprego de um co-solvente (tetra-hidro-furano) para tornar o álcool e óleo ou gordura utilizados miscíveis (KLADT, 2005; KNOTHE et al, 2005a).

As vantagens deste processo são:

- a) todo o sistema (incluindo os ésteres e o glicerol) torna-se uma única fase homogênea;
- b) a reação ocorre em minutos (teste realizado com metanol);
- c) o uso de um processo de duas etapas viabiliza o uso de matérias-primas com 25% de ácidos graxos livres.

Entretanto existem algumas desvantagens e pontos que devem ser investigados:

- a) o co-solvente utilizado deve ter ponto de ebulição parecido com o do álcool usado;
- b) os estudos com outros tipos de álcool (como o etanol) e solventes ainda estão em andamento;
- c) o processo de recuperação e reciclagem do co-solvente é complexo.

Com o objetivo de desenvolver novos processos de produção de biodiesel sem o uso de qualquer catalisador foram feitas pesquisas focando a uso da fase supercrítica do metanol. O processo consiste no tratamento do metanol até o mesmo atingir seu estado supercrítico que reagirá com óleo ou gordura. Para tanto a mistura é pré-aquecida até a temperatura de 350°C sob pressão de 45Mpa. Apenas alguns minutos são suficientes para a transesterificação ser concluída (FUKUDA; KONDO; NODA, 2001; KLADT, 2005).

Os ácidos graxos livres contidos nos óleos ou gorduras podem ser convertidos com facilidade em ésteres no metanol supercrítico, permitindo o aumento da produção com matérias-primas com alta acidez livre. Além disso, devido ao processo ser não-catalítico, a purificação dos produtos; depois da transesterificação é mais simples quando comparada à reação via catálise alcalina na qual todo o catalisador e os resíduos saponificados devem ser removidos (FUKUDA; KONDO; NODA, 2001; KLADT, 2005).

Entretanto o processo via fase supercrítica requer uma grande quantidade de metanol bem como alta temperatura e pressão para ser realizado. Por essa razão este processo deve ser mais estudado e desenvolvido para aplicação na produção industrial (FUKUDA; KONDO; NODA, 2001; KLADT, 2005).

Outra linha de pesquisa em desenvolvimento são os processos que utilizam microondas ou ultra-som para catalisar a reação de transesterificação.

A empresa *BCT- Brazil Capital Technologies* em parceria com a Universidade de Carnegie Mellon, desenvolveu um processo de catálise através de microondas. A Figura 4.10 mostra o processo (KLADT, 2005; ZÍLIO, 2005).

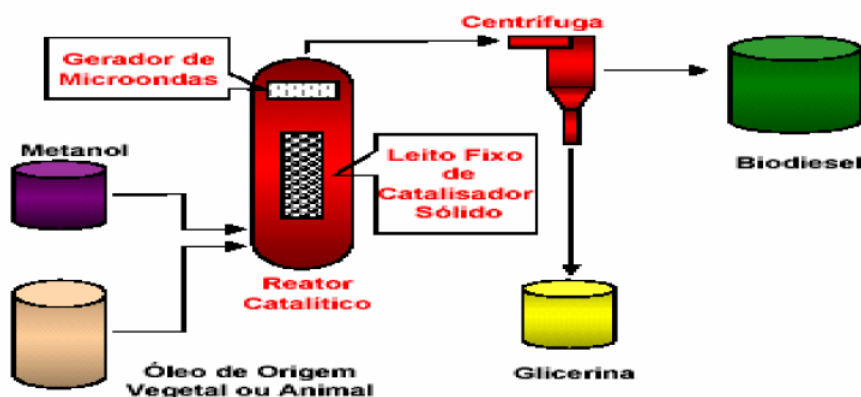


Figura 4.10: Processo de transesterificação por microondas (KLADT, 2005).

No sistema mostrado na Figura 4.10, o óleo e o álcool são misturados em um tanque, e os líquidos são passados por um campo de microondas e um catalisador sólido, que é usado no processo. A mistura é transformada em minutos, em biodiesel. Como o catalisador é sólido não existe a necessidade de purificação como nos processos convencionais, baixando, portanto, os custos em relação ao processo tradicional. O catalisador sólido é reutilizável, e tem vida útil de um ano. O subproduto criado nesta reação é também a glicerina, sendo 10% do total (KLADT, 2005; ZÍLIO, 2005).

O processo acima pode ser utilizado com óleo vegetal virgem ou usado e gordura animal. O álcool pode ser o etanol ou o metanol. O processo também pode ser realizado sem a adição de álcool com 100% de aproveitamento. Esta tecnologia está em desenvolvimento e ainda não é utilizada para fins industriais (KLADT, 2005; ZÍLIO, 2005).

O processo de catálise via ultra-som está sendo desenvolvido pela *Bio Source Commercial Plant* em Montana nos Estados Unidos, com o objetivo de acelerar a reação de transesterificação de sebo bovino. Obteve-se um tempo de reação em torno de 20 minutos, com 98% de

conversão, a uma frequência de excitação de 40 KHz a 25°C (KLADT, 2005).

Com o desenvolvimento da nanotecnologia, estão sendo investigadas técnicas para a produção de biodiesel via microemulsões constituídas por partículas estáveis termodinamicamente. A Figura 4.11 ilustra o mecanismo deste processo (KLADT, 2005).

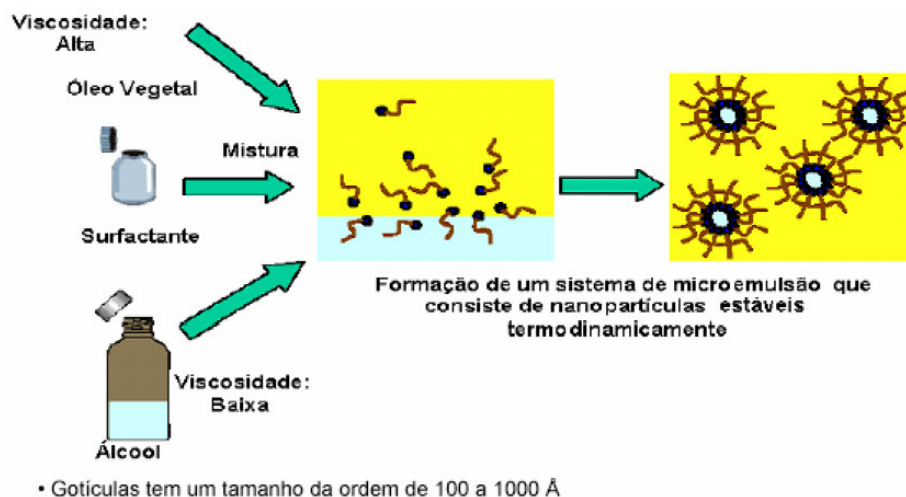


Figura 4.11: Produção de microemulsões com nanopartículas (KLADT, 2005).

Em uma definição mais ampla, as microemulsões são dispersões de álcool e óleo estabilizadas por um emulsificante e por um co-emulsificante. São sistemas transparentes, termodinamicamente estáveis e apresentam partículas de tamanho menor que 1,0 μm . Elas requerem a adição de quantidades elevadas de emulsificantes para estabilizar a grande área interfacial criada pelos nanoglóbulos e a adição de co-emulsificantes para garantir uma viscosidade adequada (KLADT, 2005).

Estes sistemas diferem das emulsões simples por apresentarem tensão interfacial bem menor, já que as moléculas do co-emulsificante se intercalam entre as moléculas do emulsificante na interface óleo-álcool afetando a curvatura do glóbulo (KLADT, 2005).

Esta baixa tensão interfacial promove a formação espontânea desses sistemas monofásicos, não havendo necessidade de imposição de uma força externa, além da formação de glóbulos de tamanho reduzido e a estabilidade termodinâmica do sistema (KLADT, 2005).

Esta configuração cria os chamados nanoreatores onde o óleo e o álcool se unem para a formação de glóbulos facilitando a reação de transesterificação (KLADT, 2005).

Outra linha de desenvolvimento de novos processos para produção de biodiesel é através do tratamento dos óleos e gorduras com ozônio. O ozônio é um gás bastante instável, facilmente decomposto em

temperatura ambiente produzindo oxigênio ativo. Por esta razão o ozônio tem um forte poder de oxidação de materiais orgânicos e inorgânicos (KAZUA *et al*, 2004).

Este processo é baseado na decomposição de óleos através da propriedade de oxidação do ozônio não sendo necessário nenhum outro produto químico para a reação. Outra vantagem deste processo é que a glicerina não é produzida. Desta forma não são necessários estágios para a separação e purificação de reagentes e subprodutos como no caso dos processos de transesterificação. A tecnologia para a aplicação industrial deste processo ainda encontra-se em desenvolvimento e atualmente é economicamente inviável (KAZUA, *et al*, 2004).

4.5 SUBPRODUTOS DA FABRICAÇÃO DE BIODIESEL

Conforme apresentado no item 4.1- A Química do Biodiesel, o subproduto da reação de transesterificação é a glicerina. Numa abordagem mais ampla pode-se dizer que além da glicerina, dependendo da matéria-prima e do processo de produção empregada, são produzidos outros co-produtos como as tortas e farelos. A seguir será feita uma breve análise destes subprodutos.

4.5.1 GLICERINA

Antes de iniciar esta seção é importante lembrar que o termo glicerol aplica-se apenas ao composto químico puro 1,2,3-propanotriol. Entretanto o termo glicerina aplica-se aos produtos purificados disponíveis comercialmente, normalmente contendo 95% de glicerol em sua composição. No mercado existe glicerina disponível com várias concentrações de glicerol (KNOTHE *et al*, 2005a).

O glicerol é o mais simples dos triálcoois. O glicerol é o constituinte fundamental dos óleos e gorduras, onde ocorre esterificado com os ácidos graxos orgânicos. A glicerina é incolor e praticamente inodora. É ardente e doce. Seu ponto de fusão é 17,8°C; ponto de ignição, 204°C; e ponto de ebulição, 290°C. É higroscópica e completamente miscível em água, álcoois inferiores, glicóis e fenóis. Tem uma miscibilidade limitada com éter, acetona, acetato de etila e anilina. É insolúvel em hidrocarbonetos, hidrocarbonetos clorados e gorduras. Estas propriedades são importantes nos processos de refino e purificação da glicerina resultante dos processos de produção de biodiesel (KNOTHE *et al*, 2005a).

Basicamente os processos mais usados para a obtenção do glicerol são: a saponificação dos ésteres, a produção de ácidos graxos, a transesterificação de óleos e gorduras; e através da transformação do propileno (KNOTHE *et al*, 2005a).

No processo de saponificação, a gordura é fervida com uma solução de NaOH e sal. As gorduras reagem com o NaOH para produzir sabão e glicerol (KNOTHE *et al*, 2005a).

Na produção de ácidos graxos, o processo mais comum é a hidrólise a alta pressão onde uma corrente contínua ascendente de gordura numa coluna passa por uma contracorrente de água a 250-260 °C e 5 Mpa de pressão. A gordura é quebrada pela água em ácidos graxos e glicerina (KNOTHE *et al*, 2005a).

No processo de transesterificação, óleos ou gorduras reagem com álcoois de cadeia curta produzindo ésteres e glicerina (KNOTHE *et al*, 2005a).

Num passado recente; os níveis de produção e consumo de glicerina foram considerados indicadores econômicos dos setores produtivos na medida que aquele produto tem várias aplicações nos processos industriais. O consumo e a produção de glicerina tendiam a crescer em tempos de prosperidade e caíam em períodos de recessão. Entretanto, com o advento da indústria do biodiesel, a dinâmica do mercado tem mudado porque o consumo e a produção de biodiesel são regidos por diferentes fatores como: política agrícola, incentivos governamentais, isenções fiscais, linhas de crédito, legislação ambiental, regulamentações, e os preços do petróleo; desvinculando, desta forma, a produção de glicerina e a atividade econômica geral (KNOTHE *et al*, 2005a).

A glicerina é utilizada praticamente em toda a indústria. As principais áreas de aplicação da glicerina são: a alimentícia, a farmacêutica, a produção de bebidas, a cosmética, a indústria do tabaco, as resinas alquídicas, as embalagens, os lubrificantes, os adesivos, as cerâmicas, os produtos fotográficos dentre outras (CALDEIRA; MOTA, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

Desta forma a glicerina é um produto que teoricamente possui um grande potencial de mercado, entretanto com o aumento da produção de biodiesel a sua oferta se eleva e o preço do produto cai proporcionalmente. Além disso, é gerado um excedente de glicerina no mercado que pode torná-la um efluente e não um produto com valor econômico.

Neste íterim têm sido realizados estudos para novas aplicações da glicerina como na indústria petroquímica para a produção de biogasolina (CAJAÍBA; CALDEIRA; MOTA, 2005; CALDEIRA; MOTA, 2005).

4.5.2 TORTAS E FARELOS

As tortas e farelos são os resíduos produzidos após a colheita e o beneficiamento das plantas oleaginosas para a produção de óleos. Além destes resíduos temos os caules e folhas resultantes do desengace das sementes. Estes subprodutos podem ser utilizados para a produção de ração animal, adubos e para a geração de energia e calor (PERES, 2005).

Como adubo, a torta, cascas, folhas e caules podem ser usados diretamente no solo ou serem misturadas com esterco e compostadas resultando num fertilizante orgânico (PERES, 2005).

Para a fabricação de ração animal a torta, o farelo, folhas, cascas e caules podem ser utilizados. O único cuidado que deve ser tomado é a eliminação de toxinas prejudiciais aos animais, como no caso da torta de mamona que contém ricina e ricinina substâncias altamente tóxicas (PERES, 2005).

A geração de energia elétrica e calor são viabilizados através do uso dos resíduos das oleaginosas como combustível na alimentação de caldeiras e em processos de gaseificação da biomassa. O potencial energético dos resíduos é suficiente para aproveitamento em processo elétrico e térmico. Outra vantagem é que a queima dos resíduos vegetais gera uma baixa quantidade de cinzas (PERES, 2005).

Além das aplicações citadas anteriormente os caules e as folhas podem ser usados na fabricação de papel, tecidos e no artesanato (PERES, 2005).

5 PROCESSOS INDUSTRIAIS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL

O objetivo deste capítulo é a proposta de um projeto preliminar de uma planta produtora de biodiesel focando os parâmetros para a estimativa do custo de implementação da mesma; isto é; o dimensionamento dos principais equipamentos utilizados; o consumo de matérias-primas e insumos; e a capacidade de produção. Posteriormente os dados gerados serão utilizados nas análises de viabilidade econômica da produção de biodiesel brasileira, tema central deste trabalho.

Durante a realização deste estudo cogitou-se a possibilidade da aplicação de parâmetros de plantas produtoras de biodiesel existentes. Entretanto, durante a pesquisa destas informações, aquela possibilidade foi descartada na medida que o acesso aos dados técnicos e operacionais das plantas é restrito e as informações são confidenciais. Os dados obtidos durante estes trabalhos foram na maioria dos casos, incompletos e genéricos não atendendo às necessidades deste estudo. Além disso, o uso de parâmetros específicos de plantas existentes particularizaria muito os resultados a determinados cenários e processos.

Desta forma, a partir dos conceitos abordados nos capítulos anteriores, serão analisados os processos viáveis para a produção de biodiesel em escala industrial no Brasil.

Este capítulo será composto dos seguintes tópicos:

- a) análise das rotas tecnológicas viáveis no contexto brasileiro;
- b) premissas básicas para o projeto preliminar de uma planta produtora de biodiesel;
- c) apresentação e descritivo detalhado das plantas industriais selecionadas.

5.1 ROTAS TECNOLÓGICAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIÁVEIS NO BRASIL

No capítulo anterior foram apresentadas as rotas tecnológicas para a produção de biocombustíveis a partir de óleos vegetais e gordura animal. Dentre os processos apresentados, verificou-se que a transesterificação e o hidrotreamento de diesel mineral são aqueles mais recomendados para a produção em escala industrial. Para a produção de biodiesel, entretanto, a transesterificação é o processo mais viável.

É importante lembrar que o hidrotreamento não é um processo de obtenção de biodiesel; mas sim uma forma de aproveitar os óleos vegetais para a produção óleo diesel mineral, isto é, agregar uma

parcela de matéria-prima renovável naquele combustível. Desta forma os processos de hidrotreamento e transesterificação são concorrentes na utilização de matérias-primas e no nicho de mercado explorado: os veículos de motores diesel. A análise econômica deste processo e os fatores influentes no mercado do biodiesel serão incluídos posteriormente.

As outras rotas tecnológicas apresentadas encontram-se em fase de desenvolvimento e atualmente são inviáveis economicamente pelos motivos já apresentados em seções anteriores.

A transesterificação reúne as características ideais para o desenvolvimento de uma planta de produção de biodiesel que pode ser implementada em qualquer região brasileira; na medida que este processo permite uma grande flexibilidade na escala de produção e tipos de matérias-primas utilizadas. Esta característica é importante no escopo deste trabalho que trata da produção em caráter nacional.

No Brasil, a transesterificação metílica e etílica podem ser utilizadas, pois existem regiões que têm disponibilidade de um ou ambos álcoois. Outra questão importante é diversidade de oleaginosas e gordura animal que podem ser usadas. Neste ínterim os processos estudados nas próximas seções levarão em conta estes fatores.

Além disso, os equipamentos utilizados na composição da planta são relativamente simples, de fácil implementação em pequenas propriedades agrícolas ou em consórcio com usinas sucroalcooleiras ou plantas produtoras de óleos vegetais resultando nas chamadas biorefinarias (CRAIG; GOEBEL; HAASE, 2004; BILL; OLIVEIRA, 2006; KLADT; 2006).

O estudo desenvolvido a seguir será direcionado para a concepção de um processo produtivo baseado na transesterificação etílica e metílica. Esta planta deverá estar preparada para o uso de diversos tipos de óleos e gordura animal. É fundamental garantir a flexibilidade do projeto da planta para a equalização das análises econômicas que serão feitas posteriormente no tocante a variável de equipamentos e ativos integrantes do processo de produção.

5.2 APRESENTAÇÃO DO PROJETO PRELIMINAR DE UMA PLANTA PRODUTORA DE BIODIESEL

5.2.1 FILOSOFIA DO PROJETO

O projeto de uma planta para a produção de biodiesel deve atender 2 características principais: flexibilidade na utilização de matérias-primas e capacidade de expansão da produção.

Como visto anteriormente, existe uma grande variedade de óleos vegetais e gordura animal que podem ser usadas na produção de biodiesel. Além disso, especialmente no contexto brasileiro são viáveis

a transesterificação metílica e etílica. A opção por uma ou outra rota implicará em uma maior ou menor complexidade no processo de transesterificação. Por exemplo, o uso de óleos de frituras ou gordura animal; ricos em ácidos graxos livres; implica a inclusão de um processo de pré-tratamento baseado na esterificação daqueles ácidos antes do início do processo de transesterificação. Outro exemplo importante é a transesterificação etílica; que implica o uso de maiores volumes de álcool e um processo de recuperação daquele mais complexo quando comparado com a transesterificação metílica. Desta forma a concepção de uma planta produtora de biodiesel possível de ser aplicada nas várias regiões brasileiras deve ser capaz de ser flexível quanto ao uso de matéria-prima. Esta flexibilidade significa que a mesma planta deve permitir o uso de óleos ou gorduras de origem vegetal e animal bem como o uso de metanol ou etanol; resultando apenas em ajustes de caráter operacional do processo.

Outra questão importante e inerente a todos os processos industriais é a capacidade de expansão do mesmo. Capacidade de expansão da produção significa que a planta deve ser modular, isto é, deve permitir a inclusão ou remanejamento do menor número de equipamentos visando o incremento ou redução da produção de acordo com a oscilação dos mercados. Além disso, a planta do processo deve permitir a integração com outros processos de conversão de biomassa constituindo-se nas chamadas biorefinarias.

Desta forma, buscando atender aos pré-requisitos descritos, serão propostos dois processos: o primeiro destinado a transesterificação e o outro destinado ao pré-tratamento de matérias-primas. Este último processo conjugado com o processo de transesterificação constitui o projeto básico da planta de produção de biodiesel proposta. Os dois processos foram separados para facilitar a composição das análises econômicas posteriores.

A seguir serão definidos os parâmetros e as premissas utilizadas na engenharia básica de cada processo.

5.2.2 DEFINIÇÃO DO VOLUME DE PRODUÇÃO

O parâmetro de partida para o projeto de uma planta industrial é a capacidade de produção desejada. No caso tratado neste estudo, o volume de produção será calculado baseado em dados e projeções do mercado de biodiesel brasileiro.

Em primeiro lugar é importante salientar os parâmetros determinados pela Lei 11.097/2005 que estabelece os percentuais mínimos de mistura do biodiesel ao diesel, além de escalonar a introdução desse novo combustível no mercado. A Figura 5.1 ilustra esses percentuais:

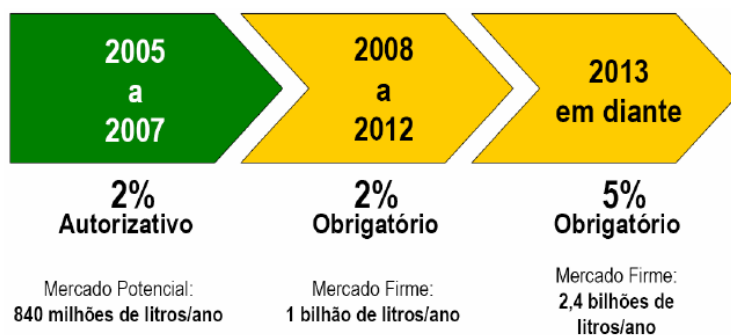


Figura 5.1: Percentuais mínimos de misturas de biodiesel ao diesel de acordo com a Lei 11.097/2005 (CARVALHO, 2006).

A Figura 5.1 mostra os percentuais mínimos de biodiesel que deverão ser misturados ao diesel mineral e a estimativa de mercado para o produto nos próximos anos. Na Tabela 5.1, na página seguinte, são apresentados dados sobre a capacidade de produção instalada e a produção das plantas de biodiesel regulamentadas pela ANP até 19/10/2007.

Tabela 5.1: Capacidade instalada e produção das plantas de biodiesel regulamentadas pela ANP até 19/10/2007 (Elaboração própria a partir de ANP-2007).

Item	Produtor (Nota-2)	Localização (Cidade/Estado)	Capacidade Autorizada (m³/dia)	Capacidade Estimada Anual (Nota-3) (1000m³/ano)	Produção Diária Média (m³)			Produção Anual (m³)		
					2005	2006	2007 (Nota-1)	2005	2006	2007 (Nota-1)
1	ADM	Rondonópolis / MT	565,00	169,50	-	-	-	-	-	-
2	AGROPALMA	Belém / PA	80,00	24,00	1,70	8,07	14,73	510,00	2.421,00	3.534,00
3	AGROSOJA	Sorriso / MT	80,00	24,00	-	-	-	-	-	-
4	AMBRA	Varginha / MG	2,40	0,70	-	-	-	-	-	-
5	ARAGUASSU	Porto Alegre do Norte / MT	100,00	30,00	-	-	-	-	-	-
6	BARRALCOOL	Barra do Bugres / MT	166,70	50,00	-	-	39,38	-	-	9.452,00
7	BERTIM	Lins / SP	333,00	99,90	-	-	-	-	-	-
8	BINATURAL	Formosa / GO	30,00	9,00	-	-	-	-	-	-
9	BIOCAMP	Campo Verde / MT	154,00	46,20	-	-	-	-	-	-
10	BIOCAPITAL	Charqueada / SP	186,00	55,80	-	1,51	88,31	-	454,00	21.194,00
11	BIOLIX	Rolândia / PR	30,00	9,00	0,09	0,33	0,05	26,00	100,00	12,00
12	BIOPAR	Rolândia / PR	120,00	36,00	-	-	-	-	-	-
13	BIOPETROSUL	Taubaté / SP	213,00	63,90	-	-	0,63	-	-	151,00
14	BRASIL ECODIESEL	Cratús / CE	360,00	108,00	-	6,51	142,61	-	1.954,00	34.227,00
15	BRASIL ECODIESEL	Floriano / PI	270,00	81,00	0,50	95,35	99,46	151,00	28.604,00	23.870,00
16	BRASIL ECODIESEL	Iraquara / BA	360,00	108,00	-	14,03	180,37	-	4.210,00	43.289,00
17	BRASIL ECODIESEL	Porto Nacional / TO	360,00	108,00	-	-	36,63	-	-	8.791,00
18	BRASIL ECODIESEL	Rosário do Sul / RS	360,00	108,00	-	-	16,10	-	-	3.864,00
19	BRASIL ECODIESEL	Teresina / PI	360,00	108,00	0,02	-	-	6,00	-	-
20	BRASIL ECODIESEL	São Luís / MA	360,00	108,00	-	-	25,00	-	-	5.999,00
21	BSBIOS	Passo Fundo / RS	345,00	103,50	-	-	35,21	-	-	8.450,00
22	CARAMURU	São Simão / GO	375,00	112,50	-	-	66,27	-	-	15.905,00
23	CLV	Colider / MT	75,00	22,50	-	-	-	-	-	-
24	CCOAMI	Sorriso / MT	10,00	3,00	-	-	-	-	-	-
25	COOPERBIO	Lucas do Rio Verde / MT	10,00	3,00	-	-	-	-	-	-
26	DHAYMERS	Taboão da Serra / SP	26,00	7,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	FERTIBOM	Catanduva / SP	40,00	12,00	-	1,21	10,39	-	362,00	2.493,00
28	FIAGRIL	Lucas do Rio Verde / MT	410,00	123,00	-	-	-	-	-	-
29	FRIGOL	Lençóis Paulista / SP	40,00	12,00	-	-	-	-	-	-
30	FUSERMANN	Barbacena / MG	30,00	9,00	-	-	-	-	-	-
31	GRANOL	Anápolis / GO	333,30	100,00	-	33,69	243,46	-	10.108,00	58.431,00
32	GRANOL	Campinas / SP	133,00	39,90	-	68,12	-	-	20.435,00	-
33	IBR	Simões Filho / BA	65,00	19,50	-	0,09	-	-	28,00	-
34	INNOVATTI	Mairinque / SP	30,00	6,74	-	-	-	-	-	-
35	KGB	Sinop / MT	5,00	1,50	-	-	-	-	-	-
36	NUTEC	Fortaleza / CE	2,40	0,70	-	0,01	-	-	2,00	-
37	OLEOPLAN	Veranópolis / RS	327,00	98,10	-	-	15,95	-	-	3.828,00
38	OURO VERDE	Rolim de Moura / RO	17,00	5,10	-	-	0,33	-	-	78,00
39	PONTE DI FERRO	Taubaté / SP	90,00	27,00	-	-	-	-	-	-
40	PONTE DI FERRO	Rio de Janeiro / RJ	160,00	48,00	-	-	-	-	-	-
41	RENOBRÁS	Dom Aquino / MT	20,00	6,00	-	0,04	-	-	13,00	-
42	SOYMINAS	Cássia / MG	40,00	12,00	0,15	1,04	0,58	44,00	311,00	138,00
43	USIBIO	Sinop / MT	20,00	6,00	-	-	0,11	-	-	26,00
TOTAL			7.093,80	2.125,84	2,46	230,01	1.015,55	737,00	69.002,00	243.732,00
TOTAL MÉDIO POR PRODUTOR			164,97	49,44	0,06	5,35	23,62	17,14	1.604,70	5.668,19

Notas:

1- Produção computada até outubro de 2007.

2- Produtores autorizados pela ANP até 19/10/07.

3- Os dados desta tabela foram calculados considerando 300 dias de operação por ano.

Analisando-se a Tabela 5.1 verifica-se que o Brasil já possui uma capacidade instalada para a produção de biodiesel de cerca de 2,1 bilhões de litros anuais, e, portanto, terá condições de suprir a demanda do mercado a partir de 2008 e 2013 que serão de 1 bilhão de litros e 2,4 bilhões de litros anuais respectivamente, conforme projeções apresentadas na Figura 5.1.

Por outro lado, a produção anual brasileira de biodiesel, mesmo aumentando a cada ano, atualmente, está muito abaixo do necessário para o suprimento da demanda do produto para 2008. Em 2007, considerando-se o período de janeiro a outubro, o volume de biodiesel produzido é cerca de 244 milhões de litros, menos de um quarto do volume necessário para atingir o patamar de 1 bilhão de litros anuais necessários a partir de 2008.

A produção muito menor que a capacidade instalada, deve-se, de uma maneira geral, a um conjunto de fatores que em maior ou menor grau influenciam o mercado de biodiesel no Brasil. Dentre eles pode-se citar: os altos custos de oportunidade dos óleos vegetais no mercado nacional e internacional inviabilizando a produção; os baixos preços de venda do biodiesel alcançados nos últimos leilões promovidos pela Petrobras; e as estratégias adotadas pelos produtores que consistem em aguardar o comportamento do mercado no longo prazo antes de apostarem em grandes volumes de produção.

Novamente na Tabela 5.1 verifica-se que caso todas os produtores operassem na capacidade máxima de produção a média anual de produção para cada planta seria de 49,44 milhões de litros por ano. Desta forma pode-se concluir que no período de 2008 a 2012, a capacidade ociosa média dos produtores seria de cerca de 50%, considerando-se um mercado firme de 1 bilhão de litros anuais com a obrigatoriedade da mistura B2. A tendência da capacidade ociosa do parque produtor é aumentar na medida que existem na ANP vários pedidos de regulamentação de novas plantas de biodiesel. Neste último cenário pode-se dizer que cada produtor terá uma produção média anual de 24 milhões de litros anuais.

Para o cálculo do volume de produção a ser adotado para o projeto de uma planta de biodiesel que deverá ser viável técnica e economicamente nas cinco regiões brasileiras devem-se levar em conta fatores como: disponibilidade de matéria-prima, infra-estrutura para comercialização da produção, oscilação dos mercados, relação entre oferta e demanda dentre outras incertezas.

Segundo Olivério, (2005) as plantas de biodiesel podem ser classificadas em pequenas (produção menor que 30 milhões de litros anuais), médias (produção entre 30 e 100 milhões de litros anuais) e grandes (produção maior que 100 milhões de litros) de acordo com a capacidade de produção.

A partir das considerações feitas anteriormente pode-se estimar que um nível de produção interessante para o estudo de viabilidade técnica e econômica proposto neste trabalho é aquele que caracteriza uma planta de porte médio. Desta forma atribuiu-se a capacidade de produção de 38 milhões de litros anuais no projeto da planta proposta neste estudo levando-se em conta principalmente a otimização dos equipamentos e da implementação da unidade produtora.

5.2.3 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DA PLANTA

Neste item serão apresentados os critérios utilizados para desenvolvimento do projeto preliminar da planta de biodiesel proposta. É importante lembrar que será desenvolvida a engenharia básica da planta, isto é, especificação dos equipamentos principais, estimativa do

consumo de matérias-primas e outros dados relevantes para a composição do custo total de implementação do projeto.

As referências utilizadas como base para o desenvolvimento do projeto são os processos estudados por (REIS, 2002; ZHANG *et al*, 2002, 2003a, 2003b; DUNCAN, 2003; CLEMENTS *et al*, 2004; CRAIG; GOEBEL; HAASE, 2004; RADICH, 2004; GERPEN, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; MACEDO; NOGUEIRA 2005; PENTEADO, 2005; HAAS *et al*, 2006; UCHIMURA, 2006).

A seguir serão enumeradas uma série de premissas sobre as quais o projeto foi baseado:

- a) a produção anual média da planta será de 38 milhões de litros de biodiesel;
- b) considerou-se que o processo da planta é contínuo, com ciclo de operação de 47 semanas por ano, 24 horas por dia;
- c) as matérias-primas utilizadas poderão ser óleos vegetais virgens, gordura animal e óleos usados, efluentes da indústria de alimentos e restaurantes;
- d) não foram consideradas unidades de beneficiamento de matéria-prima e extração de óleos vegetais e gordura animal;
- e) a planta proposta será dividida em duas áreas denominadas: Planta de Transesterificação e Planta de Pré-Tratamento de Óleo e Gordura Animal. Esta última será utilizada para o pré-tratamento dos óleos e gorduras com um índice de ácidos graxos livres maior que 4,5%; antes que aqueles sigam para a planta de transesterificação;
- f) a reação de transesterificação poderá ser metílica ou etílica; isto é; a planta poderá utilizar etanol ou metanol;
- g) o catalisador adotado foi o hidróxido de sódio na medida que este é o mais utilizado no Brasil. O ácido clorídrico foi o adotado para os processos de neutralização e esterificação ácida. É importante lembrar que outros ácidos menos agressivos e mais baratos que o clorídrico podem ser utilizados. O ácido sulfúrico e o fosfórico são boas opções. No processo proposto adotou-se o ácido clorídrico, pois se verificou que muitas empresas utilizam este produto. A escolha do ácido depende também do processo e da tecnologia empregada na produção;
- h) considerou-se que óleo vegetal de frituras e a gordura animal possuem um índice de 30% de ácidos graxos livres;
- i) os equipamentos das plantas foram projetados baseados no processo de transesterificação etílica, na medida que o mesmo utiliza volumes e tempos de reação maiores que o processo metílico (vide Tabela 4.4);
- j) foram considerados nos processos propostos a recuperação do álcool e da glicerina crua (com 80% de pureza) produzida;
- k) a metodologia de projeto dos equipamentos foi baseada nos cálculos estequiométricos das reações envolvidas em cada estágio do processo. Nos itens 5.2.4 e 5.2.5 são apresentados os descritivos das plantas propostas e os resultados dos cálculos obtidos;

l) a capacidade dos tanques de estoque de matérias-primas, produtos e efluentes foi prevista para um período de 30 dias de operação da planta;

m) os rendimentos das reações envolvidas no processo foram baseados nos estudos de (REIS, 2002; ZHANG *et al*, 2002, 2003a, 2003b; DUNCAN, 2003; CLEMENTS *et al*, 2004; CRAIG; GOEBEL; HAASE, 2004; RADICH, 2004; GERPEN, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; MACEDO; NOGUEIRA 2005; PENTEADO, 2005; HAAS *et al*, 2006; UCHIMURA, 2006). Um resumo dos parâmetros utilizados pode ser verificado na Tabela 4.4 apresentada anteriormente.

5.2.4 PLANTA DE TRANSESTERIFICAÇÃO

O projeto preliminar de uma planta de transesterificação para a produção de biodiesel será apresentado a seguir englobando os seguintes tópicos:

- a) fluxograma do processo;
- b) tabela de vazões volumétricas utilizadas para o cálculo e projeto dos equipamentos;
- c) descritivo do processo;
- d) folha de dados da planta.

Na Figura 5.3, o fluxograma do processo da planta é representado. No Anexo A são apresentadas as Tabelas A.1, A.2, A.3 e A.4 com as vazões mássicas e volumétricas das correntes de cada etapa do processo de transesterificação etílica e metílica. Estes dados foram utilizados para a especificação dos equipamentos mostrados na Tabela 5.3.

O processo de produção de biodiesel proposto, de acordo com a Figura 5.3, é composto em linhas gerais por três processos: o processo de transesterificação, o processo de neutralização/lavagem do biodiesel e o processo de reciclagem de água, álcool e refino de glicerina crua.

O processo inicia-se com a adição de álcool (metanol ou etanol) e NaOH contidos nos tanques T-001 e T-002 respectivamente no tanque T-003. Neste tanque aqueles componentes são misturados, e encaminhados ao reator R-001. O óleo armazenado no tanque T-011 e pré-aquecido a 60°C (transesterificação metílica) ou 85°C (transesterificação etílica) no tanque T-004 também é encaminhado ao reator R-001.

No reator R-001 a mistura é agitada e mantida a temperatura de pré-aquecimento do óleo durante o período de 1 hora (transesterificação metílica) ou 2 horas (transesterificação etílica), caracterizando o primeiro estágio da reação. Em seguida o biodiesel e o óleo não

reagidos são separados do álcool excedente e da glicerina formada através da centrífuga C-001.

A mistura de biodiesel e óleo é então encaminhada para o reator R-002, permanece nas mesmas condições do R-001; caracterizando o segundo estágio da transesterificação. Novamente a mistura é separada através da centrífuga C-002 e o biodiesel segue para a etapa de neutralização e lavagem no tanque T-006.

Nesta fase, é adicionado ácido clorídrico (HCl) com a finalidade de remover o NaOH usado na catálise da reação. Após a neutralização a mistura é lavada com água e encaminhada para a centrífuga C-003 onde o biodiesel é separado da água, solução de sais e resíduos saponáceos. Em seguida o biodiesel é aquecido e enviado a um secador a vácuo VC-001 onde mais água é separada na forma de vapor.

O biodiesel então segue para o tanque T-009, onde, caso necessário, recebe aditivos para adequar o produto as especificações normalizadas. Em seguida o biodiesel é armazenado no tanque T-015.

O tanque T-005 armazena uma mistura de glicerina, álcool, água, sabões e cloreto de sódio (NaCl) oriunda dos processos de separação do biodiesel. Neste tanque é adicionado HCl para permitir a reação deste com os sabões resultando ácidos graxos livres. Em seguida toda a mistura segue para a centrífuga C-004 onde os ácidos graxos são separados e armazenados no tanque T-014. Os outros componentes são armazenados no tanque T-010.

O conteúdo do tanque T-010 é encaminhado para a coluna de destilação D-001 onde no caso da transesterificação metílica, o metanol é reciclado e enviado para o tanque T-001. No caso da transesterificação etílica, a mistura azeotrópica de etanol e água é encaminhada para uma unidade de destilação extrativa através de etilenoglicol, constituída pelas colunas D-003, D-004 e D-006.

A mistura de glicerina, água, cloreto de sódio e álcool, constituinte da corrente 15 da coluna D-001 segue para a coluna D-002 onde a glicerina é destilada resultando numa mistura de 80% de glicerina e 20% de impurezas, caracterizando a glicerina crua.

A folha de dados da planta descrita anteriormente é apresentada na Tabela 5.3. Nesta tabela estão compilados todos os dados de consumo de matérias-primas, lista de equipamentos dentre outros parâmetros necessários para a estimativa de custo de implementação da planta.

FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE BIODIESEL – PLANTA DE TRANSESTERIFICAÇÃO

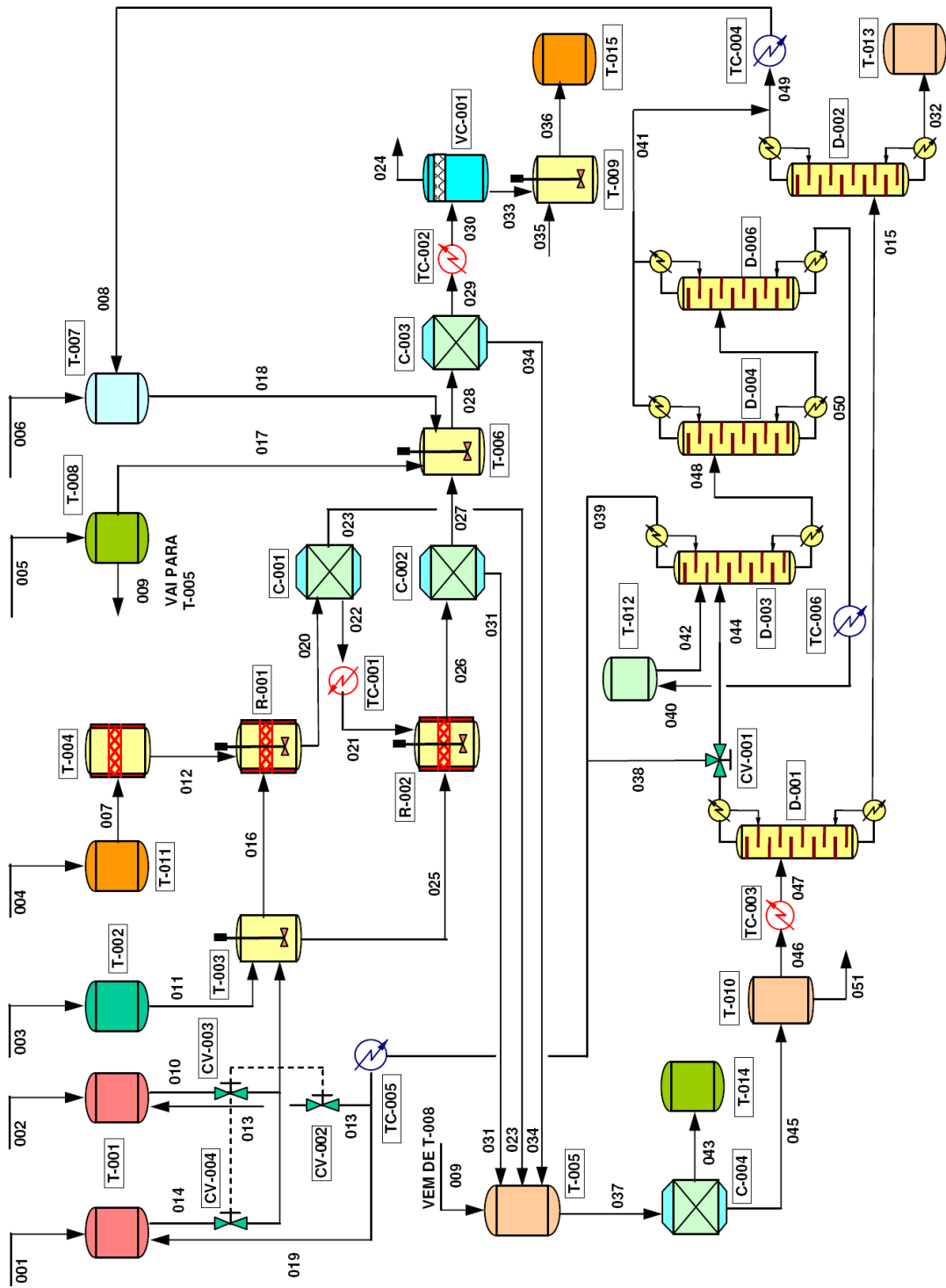


Figura 5.2: Fluxograma do processo de transesterificação.

Tabela 5.2: Folha de dados da planta de transesterificação. Elaboração própria a partir de (REIS, 2002; ZHANG *et al*, 2002, 2003a, 2003b; DUNCAN, 2003; CLEMENTS *et al*, 2004; CRAIG; GOEBEL; HAASE, 2004; RADICH, 2004; GERPEN, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; MACEDO; NOGUEIRA 2005; PENTEADO, 2005; HAAS *et al*, 2006; UCHIMURA,2006).

DADOS GERAIS				
Área da Planta: 6000 m ² (vide nota-3)				
Ciclo de Trabalho: 47 semanas/ano - 24 horas/dia				
	TRANSESTERIFICAÇÃO ETÍLICA		TRANSESTERIFICAÇÃO METÍLICA	
Matérias-Primas	Kg/ano	KW/ano	Kg/ano	KW/ano
Óleo	37.472.803	-	37.472.803	-
Água	7.900.000	-	7.900.000	-
Etanol / Metanol	4.862.894	-	3.366.619	-
Ácido Clorídrico	2.314.752	-	2.314.768	-
Etilenoglicol	534.918	-	-	-
Hidróxido de Sódio	1.291.562	-	1.291.562	-
Aditivos	3.521.681	-	3.521.681	-
Energia	-	1.638.000	-	1.008.000
Gás Natural(m ³ /ano)	310.200	-	189.666	-
	TRANSESTERIFICAÇÃO ETÍLICA		TRANSESTERIFICAÇÃO METÍLICA	
Produtos	Kg/ano		Kg/ano	
Biodiesel	38.738.488		38.738.488	
Glicerina	5.850.447		4.685.834	
Cloreto de Sódio	2.907.003		2.104.084	
Ácidos Graxos/Sabões	1.135.768		1.135.768	
Outros Efluentes	404.277		323.985	

Tabela 5.3: Folha de dados da planta de transesterificação (continuação).

LISTA DE EQUIPAMENTOS			
Equipamento	Descrição / Função no Processo	Especificação Técnica Geral	Quantidade
T-001	Tanque para estoque de álcool (etanol ou metanol)	Tanque de aço carbono com DxH(16,00 x 10,00) - Capacidade de 2000 m ³	5
T-002	Tanque para estoque de hidróxido de sódio	Tanque de aço carbono com DxH(16,00 x 10,00) - Capacidade de 2000 m ³	1
T-003	Tanque com agitador para mistura de álcool e hidróxido de sódio	Tanque de aço carbono com agitador DxH (2,20 x 3,00) - Capacidade de 11 m ³	1
T-004	Tanque para pré-aquecimento de óleo	Tanque de aço carbono com cintas de aquecimento DxH (2,20 x 3,00) - Capacidade de 11 m ³	1
T-005	Tanque para recolhimento de mistura de glicerina, álcool, água e resíduos resultantes do processo	Tanque de aço carbono DxH (2,40 x 3,00) - Capacidade de 13 m ³	1
T-006	Tanque de lavagem do biodiesel	Tanque de aço carbono com agitador DxH (2,30 x 3,00) - Capacidade de 12 m ³	1
T-007	Tanque para estoque de água	Tanque de PVC DxH (4,50 x 10,00) - Capacidade de 160 m ³	1
T-008	Tanque para estoque de ácido clorídrico	Tanque de aço inox revestido com fibra de vidro DxH (7,00 x 10,00) - Capacidade de 380 m ³	1
T-009	Tanque para adição de aditivos ao biodiesel visando adequação das características(viscosidade, acidez etc) do produto, caso necessário.	Tanque de aço carbono com agitador DxH (2,20 x 3,00) - Capacidade de 11 m ³	1
T-010	Tanque para recolhimento de mistura de glicerina, álcool, água e resíduos oriundos da centrífuga C-004	Tanque de aço carbono DxH (2,30 x 3,00) - Capacidade de 12 m ³	1
T-011	Tanque para estoque de óleo	Tanque de aço carbono com DxH(16,00 x 10,00) - Capacidade de 2000 m ³	4
T-012	Tanque para estoque de etilenoglicol	Tanque de aço carbono DxH (1,20 x 2,00) - Capacidade de 2,1 m ³	1

Tabela 5.3: Folha de dados da planta de transesterificação (continuação).

Equipamento	Descrição / Função no Processo	Especificação Técnica Geral	Quantidade
T-013	Tanque para estoque de glicerina	Tanque de aço carbono com DxH(10,00 x 10,00) - Capacidade de 750 m ³	1
T-014	Tanque para estoque de para ácidos graxos oriundos sabões formados no processo de transesterificação	Tanque de aço carbono com DxH(6,00 x 10,00) - Capacidade de 250 m ³	1
T-015	Tanque para estoque de biodiesel	Tanque de aço carbono com DxH(16,00 x 10,00) - Capacidade de 2000 m ³	4
T-016 (vide nota-1)	Tanque para pré-aquecimento de óleo	Tanque de aço carbono com cintas de aquecimento DxH (2,20 x 3,00) - Capacidade de 11 m ³	1
T-017 (vide nota-1)	Tanque para mistura de ácido clorídrico e álcool	Tanque de aço carbono com agitador DxH (1,40 x 2,00) - Capacidade de 2 m ³	1
T-018 (vide nota-1)	Tanque para lavagem da mistura de biodiesel e óleo com glicerina	Tanque de aço carbono DxH (2,20 x 3,00) - Capacidade de 11 m ³	1
T-019 (vide nota-1)	Tanque para recolhimento de mistura de glicerina, álcool, ácido, água e resíduos oriundos das centrifugas C-005 e C-006	Tanque de aço carbono com agitador DxH (1,15 x 2,00) - Capacidade de 2 m ³	1
R-001	Tanque para o primeiro estágio de reação de transesterificação	Tanque de aço inox com agitador e cintas de aquecimento DxH(2,90 x 3,00) - Capacidade de 20 m ³	1
R-002	Tanque para o segundo estágio de reação de transesterificação	Tanque de aço inox com agitador e cintas de aquecimento DxH(2,30 x 3,00) - Capacidade de 12 m ³	1
R-003 (vide nota-1)	Tanque para o primeiro estágio de reação de esterificação	Tanque de aço inox com agitador e cintas de aquecimento DxH(2,40 x 3,00) - Capacidade de 13 m ³	1
R-004 (vide nota-1)	Tanque para o primeiro estágio de reação de esterificação	Tanque de aço inox com agitador e cintas de aquecimento DxH(2,20 x 3,00) - Capacidade de 11 m ³	1
C-001	Centrífuga para separação de biodiesel e óleo oriundos do reator R-001, primeiro estágio de transesterificação.	Centrífuga em aço inox com vazão de 20-25 m ³ /hora	1

Tabela 5.3: Folha de dados da planta de transesterificação (continuação).

Equipamento	Descrição / Função no Processo	Especificação Técnica Geral	Quantidade
C-002	Centrífuga para separação de biodiesel e óleo oriundos do reator R-002, segundo estágio de transesterificação.	Centrífuga em aço inox com vazão de 15-20 m ³ /hora	1
C-003	Centrífuga para separação de biodiesel após etapa de lavagem	Centrífuga em aço inox com vazão de 15-20 m ³ /hora	1
C-004	Centrífuga para separação de óleos residuais do processo de transesterificação para a recuperação de glicerina, álcool e água	Centrífuga em aço inox com vazão de 15-20 m ³ /hora	1
C-005	Centrífuga para separação de biodiesel e óleo oriundos do reator R-003, primeiro estágio de esterificação.	Centrífuga em aço inox com vazão de 15-20 m ³ /hora	1
C-006	Centrífuga para separação de biodiesel e óleo oriundos do processo de lavagem.	Centrífuga em aço inox com vazão de 10-15 m ³ /hora	1
VC-001	Secador a vácuo para retirada de água residual no biodiesel	Secador a vácuo com vazão de 10-15m ³ /hora	1
D-001	Coluna de destilação para a separação de álcool, água e glicerina	Coluna de destilação com 7estágios DxH(1,20 x 10,00) - Vazão de 12 m ³ /h	1
D-002	Coluna de destilação para a separação de água e glicerina	Coluna de destilação com 7estágios DxH(1,20 x 10,00) - Vazão de 2 m ³ /h	1
D-003	Coluna de destilação para separação de etanol e água	Coluna de destilação com 7estágios DxH(1,40 x 10,00) - Vazão de 10 m ³ /h	1
D-004	Coluna de destilação para separação de álcool e etilenoglicol	Coluna de destilação com 7estágios DxH(1,40 x 10,00) - Vazão de 2 m ³ /h	1
D-005	Coluna de destilação para a separação de álcool, água e glicerina	Coluna de destilação com 7estágios DxH(0,70 x 10,00) - Vazão de 2 m ³ /h	1
D-006	Coluna de destilação para separação de álcool e etilenoglicol	Coluna de destilação com 7estágios DxH(1,40 x 10,00) - Vazão de 2 m ³ /h	1
-	Sistema de Caldeiras, Geração de Vapor e Trocadores de Calor(TC-001 a TC-010)	-	1
-	Torre de Resfriamento	-	1
-	Sistema de Automação e Controle / Instrumentação	-	1
-	Estação de Tratamentos de Efluentes	-	1
-	Terreno	-	1
-	Obras Cíveis (Limite de Bateria e Prédios Auxiliares)	-	1
-	Instalação e Montagem (Elétrica, Civil e Hidráulica)	-	1

Notas:

- 1- Este equipamento faz parte da planta de pré-tratamento de óleo e gordura animal.
- 2- D= diâmetro, H= altura.
- 3- Esta área já considera a instalação dos equipamentos da planta de tratamento de planta de pré-tratamento de óleo e gordura animal.

5.2.5 PLANTA DE PRÉ-TRATAMENTO DE ÓLEO E GORDURA ANIMAL

O projeto preliminar de uma planta de pré-tratamento de óleo e gordura animal para a produção de biodiesel será apresentado a seguir englobando os seguintes tópicos:

- a) fluxograma do processo;
- b) tabela de vazões volumétricas utilizadas para o cálculo e projeto dos equipamentos;
- c) descritivo do processo;
- d) folha de dados da planta.

Na Figura 5.4, o fluxograma do processo da planta é representado. No Anexo A são apresentadas as Tabelas A.5, A.6, A.7 e A.8 com as vazões volumétricas das correntes de cada etapa do processo de esterificação etílica e metílica. Estes dados foram utilizados para a especificação dos equipamentos mostrados na Tabela 5.4.

O processo de pré-tratamento de óleo e gordura animal para a produção de biodiesel proposto de acordo com a Figura 5.4, é composto em linhas gerais por três processos básicos: o processo de esterificação, o processo de lavagem do óleo e o processo de reciclagem de água e álcool.

O processo inicia-se com a adição de álcool (metanol ou etanol) e HCl contidos nos tanques T-001 e T-008 da planta de transesterificação, respectivamente, no tanque T-017. Neste tanque aqueles componentes são misturados, e encaminhados ao reator R-003. O óleo armazenado no tanque T-016 é pré-aquecido a 60 °C (esterificação metílica) ou 85 °C (esterificação etílica), e também é encaminhado ao reator R-003.

No reator R-003 a mistura é agitada e mantida a temperatura de pré-aquecimento do óleo durante o período de 1 hora (esterificação metílica) ou 2 horas (esterificação etílica), caracterizando o primeiro estágio da reação. Em seguida o biodiesel e o óleo não reagidos são separados do álcool excedente e da água formada através da centrifuga C-005.

A mistura de biodiesel e óleo é então encaminhada para o reator R-004, permanece nas mesmas condições do R-003; caracterizando o segundo estágio da esterificação. A mistura segue para o tanque T-

018, onde é lavada com glicerina oriunda do tanque T-013 da planta de transesterificação.

Após a lavagem o óleo pré-tratado, composto por biodiesel e óleo com teor menor de 4,5% de ácidos graxos livres, é separado da mistura através da centrífuga C-006 seguindo para o reator R-001 da planta de transesterificação.

Os excessos de álcool, HCl, glicerina e água oriundos das centrífugas C-005 e C-006 são armazenados no tanque T-019.

Nesta fase, é adicionado NaOH com a finalidade de remover o HCl usado na catálise da reação. Após a neutralização a mistura segue para a coluna de destilação D-005 onde a glicerina e a água são separadas do álcool. A mistura de glicerina, água e sais segue para a coluna D-002 da planta de transesterificação para ser destilada. O álcool, conforme origem, metílico ou etílico segue para o tanque T-001 ou para a unidade de destilação extrativa, constituída pelas colunas D-003 e D-004; ambos da planta de transesterificação.

A folha de dados da planta descrita anteriormente é apresentada na Tabela 5.12. Nesta tabela estão compilados todos os dados de consumo de matérias-primas, lista de equipamentos dentre outros parâmetros necessários para a estimativa de custo de implementação da planta.

FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PRÉ – TRATAMENTO DE ÓLEO E GORDURA ANIMAL

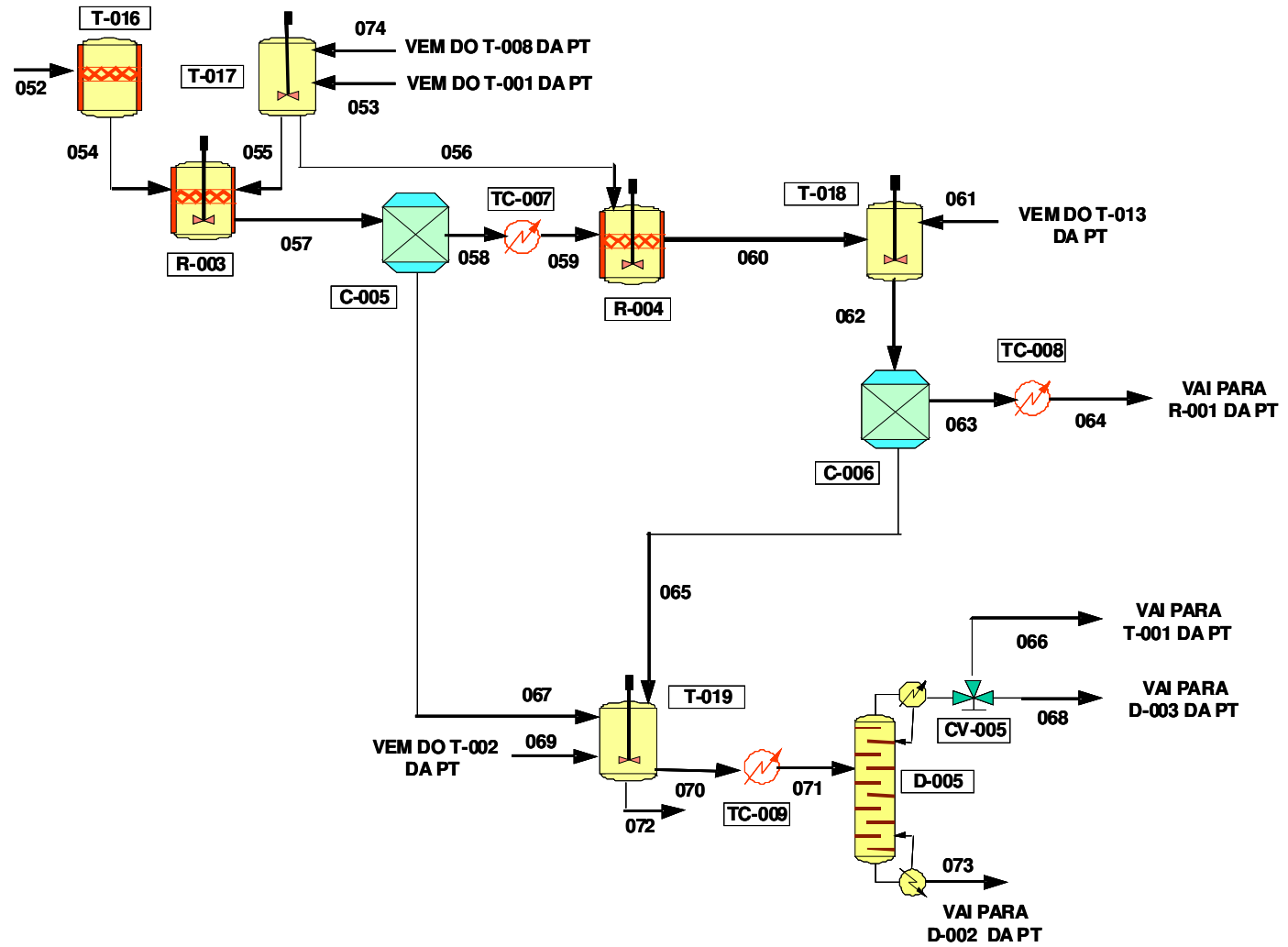


Figura 5.3: Fluxograma do processo de pré-tratamento de óleo ou gordura vegetal.

Tabela 5.3: Folha de dados da planta de pré-tratamento de óleo e gordura animal.

DADOS GERAIS				
Área da Planta: (vide nota-1)				
Ciclo de Trabalho: 47 semanas/ano - 24 horas/dia				
	ESTERIFICAÇÃO ETÍLICA		ESTERIFICAÇÃO METÍLICA	
Matéria-Primas	Kg/ano	KW/ano	Kg/ano	KW/ano
Óleo Bruto - Ácidos Graxos Livres (>4,5%)	37.472.803	-	37.472.803	-
Etanol/Metanol	91.968	-	67.473	-
Ácido Clorídrico	1.499	-	1.499	-
Etilenoglicol	116.427	-	-	-
Hidróxido de Sódio	49	-	49	-
Glicerina	195	-	195	-
Energia	-	546.000	-	336.000
Gás Natural(m ³ /ano)	103.400	-	63.222	-
	ESTERIFICAÇÃO ETÍLICA		ESTERIFICAÇÃO METÍLICA	
Produtos	Kg/ano		Kg/ano	
Biodiesel	9.780.402		9.780.402	
Óleo Tratado - 0,5% de Ácidos Graxos Livres	27.692.402		27.692.402	
Cloreto de Sódio	72		72	
Água	98.488		79.238	
Outros Efluentes	9.856		7.931	

Notas:

1- Este dado é apresentado na Tabela 5.3

2- A lista de equipamentos é apresentada na Tabela 5.3

Neste capítulo foi apresentado um projeto preliminar de uma planta produtora de biodiesel focando os parâmetros para a estimativa do custo de implementação da mesma; isto é; o dimensionamento dos principais equipamentos utilizados; o consumo de matérias-primas e insumos; e a capacidade de produção.

Na capítulo 10, as planilhas de custos de implementação do projeto serão apresentadas de acordo com o contexto de cada região onde a planta será instalada.

6 MERCADO DO BIODIESEL E SEUS SUBPRODUTOS NO BRASIL E NO MUNDO

Neste capítulo será apresentada uma análise do mercado do biodiesel brasileiro e mundial englobando os modelos produtivos, as políticas de incentivo, as aplicações do combustível, e os volumes de produção de cada região. No final do capítulo será feito um breve estudo do mercado da glicerina, o principal subproduto das plantas de biodiesel.

6.1 PANORAMA GERAL DO MERCADO DE BIODIESEL

Atualmente, os principais produtores de biodiesel são os países europeus, onde a Alemanha, França e Itália são responsáveis por quase o total da produção mundial. Um fator que impulsiona a difusão do biodiesel são os incentivos concedidos para o plantio de oleaginosas para uso não comestível, além da isenção de impostos sobre estes produtos concedidas naqueles países. Depois da Europa seguem os Estados Unidos. As principais matérias-primas utilizadas são o óleo de canola na Europa e de soja nos Estados Unidos, respectivamente. (JBIC, 2006)

O mercado global de biodiesel crescerá muito nos próximos dez anos. Embora, o mercado europeu atualmente represente 90% do consumo e da produção de biodiesel, os Estados Unidos estão aumentando sua produção num ritmo mais acelerado que o europeu, e no Brasil estima-se que os níveis de produção superem o americano e o europeu a partir de 2015. O gráfico 6.1 confirma esta tendência. (THURMOND, 2006; EEB, 2007)

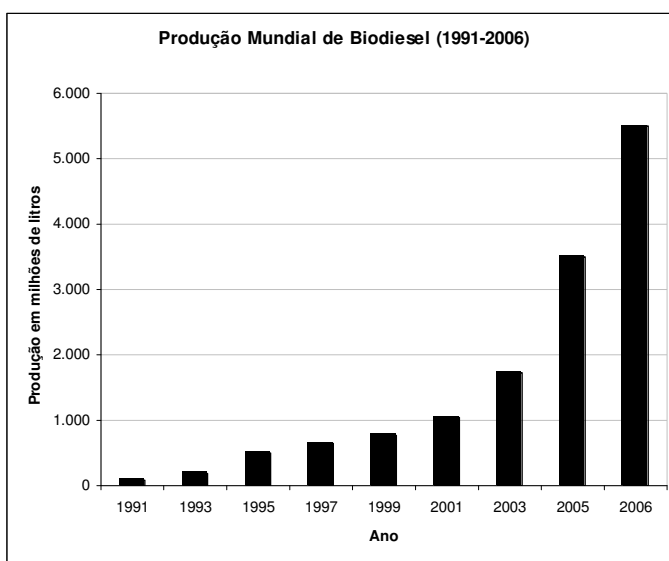


Figura 6.1: Produção mundial de biodiesel no período de 1991-2006 (THURMOND, 2006; EEB, 2007).

Na Tabela 6.1 são apresentados os níveis de produção dos maiores produtores de biodiesel do mundo.

Tabela 6.1: Produção mundial de biodiesel no ano de 2006. Elaboração própria a partir de (ANP,2007; EEB, 2007, THURMOND,2006)

País	Volume de Produção (milhões de litros)	País	Volume de Produção (milhões de litros)
Alemanha	2.958,00	Grécia	47,00
Estados unidos	1.136,00	Bélgica	28,00
França	826,00	Holanda	20,00
Itália	497,00	Suécia	15,00
Reino Unido	213,00	Eslovênia	12,00
Áustria	137,00	Romenia	11,00
Polónia	129,00	Lituania	11,00
República Tcheca	119,00	Latvia	8,00
Espanha	110,00	Bulgária	4,00
Portugal	101,00	Irlanda	4,00
Eslováquia	91,00	Malta	2,00
Dinamarca	89,00	Chipre	1,00
Brasil	69,00	Estônia	1,00

É interessante observar a posição do Brasil, que a primeira vista é pequena no contexto mundial, entretanto segundo (ANP, 2007) a capacidade instalada das unidades produtoras já regularizadas pela ANP é cerca de 2.126 milhões de litros anuais (vide Tabela 5.1). Este número reforça as estimativas de liderança do Brasil na produção de biodiesel mundial.

A seguir serão analisadas as estruturas dos mercados de biodiesel nos principais centros produtores mundiais e nos países emergentes no setor.

6.1.1 UNIÃO EUROPÉIA

Na Europa se utiliza principalmente o óleo virgem de canola e países como a Alemanha, França e Suíça, entre outros, introduziram programas de incentivo para a redução das importações de petróleo. Nos 15 países da União Européia (UE) o mercado de biodiesel dobrou nos últimos três anos. Também são aplicadas políticas de apoio e benefícios fiscais para o biodiesel e os preços do mesmo são competitivos com o óleo diesel (JBIC, 2006).

A seguir será apresentada a situação do mercado de biodiesel nos principais países produtores na UE: Alemanha, França e Itália.

6.1.1.1 ALEMANHA

A Alemanha é um dos países mais avançados na tecnologia de produção e na aplicação do biodiesel como combustível alternativo ao diesel mineral sendo o maior produtor e consumidor dentro da UE (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

O crescimento na produção e no consumo vêm se expandindo significativamente, especialmente nos últimos anos. Em 2001 foram produzidas 500.000 toneladas; em 2002, 750.000 toneladas e em 2003 1 milhão toneladas, chegou a 1,2 milhão toneladas em 2004. O aumento no preço do óleo cru e o aumento de impostos aos óleos leves levaram a um aumento repentino no consumo de biodiesel (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Na Alemanha o biodiesel é distribuído em postos de gasolina, permitindo automóveis, ônibus e caminhões movidos a diesel circular por todo o país. Do total do combustível produzido internamente, aproximadamente 35% é distribuído diretamente ao público em geral e o restante é vendido diretamente às empresas de táxis e transportadoras de carga. Atualmente o biodiesel representa mais de 1% do volume total de óleo diesel consumido, equivalente a 4% do diesel utilizado para transportes. A canola, utilizada como matéria-prima para a produção de biodiesel é cultivada em 1,2 milhões ha (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Dependendo da região da Alemanha, consome-se tanto o B20 (mistura de combustível fóssil com biodiesel na proporção de 20% deste último), o B30 (*idem* na proporção de 30%) como o B100 (biodiesel puro) (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

O biodiesel torna-se um combustível competitivo ao óleo diesel mineral na medida que o governo alemão fomenta programas de incentivos para a produção de matérias-primas e comercialização do produto. Um exemplo que ilustra esses incentivos fiscais é a taxa ambiental da gasolina e de outros derivados do petróleo, que há alguns anos tem aumentado devido a ações ambientais. O biodiesel é isento de taxas ambientais aplicadas aos combustíveis fósseis, motivo pelo qual este produto torna-se ainda mais competitivo com o diesel. O governo ainda realiza os programas assistenciais descritos nas Tabelas 6.2 e 6.3 para promover a produção e o uso do biodiesel combustível (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Tabela 6.2: Programas de apoio para a promoção do uso de biodiesel na Alemanha (JBIC, 2006).

Programa	Tipo de Apoio	Entidades de Apoio	Orçamento/ Resultados	Período
Programa de apoio aos recursos renováveis	Pesquisa, desenvolvimento, propaganda e atividades de esclarecimento à população	Proteção aos consumidores da Federação, Ministério da Agricultura e Alimentos	26 milhões e 100 mil euros anuais	Não especificado
Programa de introdução no mercado	Setor de agricultura, investimento inicial para o uso de energias renováveis em regiões que podem causar maiores impactos ambientais	"	10 milhões e 100 mil euros anuais	Não especificado
Programa de investimentos	Processamento e venda de produtos agrícolas	"	Expectativa de investimento de 158 milhões e 500 mil euros	2006
"	Medidas de economia energética no setor agrícola e gastos de substituição para este propósito	"	Expectativa de investimentos de 3 bilhões e 380 milhões de euros	2006
"	Usinas de energia de biomassa e biogás, com calor residual	Proteção aos consumidores da Federação, Ministério da Agricultura e Alimentos e Ministério de Economia	Expectativa de investimentos de 200 milhões de euros Expectativa de investimentos de 230 milhões de euros	Isto é passado! 2002 2003

Tabela 6.3: Outras políticas de promoção da difusão (JBIC, 2006).

Ações	Conteúdo
Uso eficiente das terras de descanso	Uso das terras de descanso para a produção de cultivos não alimentares (As medidas da Comissão Europeia para as terras de descanso devem finalizar no ano 2005). (Subsídios e incentivos) <ul style="list-style-type: none"> - Média de 350 euros por ha - Não existem subsídios ou incentivos para o cultivo de canola - Redução de custos pelo cultivo de produtos não alimentícios pela adubação verde e renda adicional pela venda da colheita
Regulamentação de produtos	Mudanças das normas alemãs de 1997 para unificá-las com as normas comuns da União Europeia (E DIN 51 606) <ul style="list-style-type: none"> - Certificação de produto desde a produção até o consumo de BDF - Sistema de controle por etapas (5 etapas desde a produção, comercialização, armazenamento, postos de gasolina, consumo e medidas sistemáticas para a solução de problemas no caso de que estes ocorram)
Entidade de coordenação e estratégias sistemáticas	Formação da Associação de Apoio às Oleaginosas e Plantas Protéicas (Proteinpflanzen: UFOP) em dezembro de 1990 (O papel da UFOP) <ul style="list-style-type: none"> - Coordenar com as diversas instituições pertinentes (transportadoras, refinadoras de óleo, fabricantes de veículos) a realização de pesquisas e desenvolvimento com fins práticos - Consenso dos agricultores através da divulgação de informação estatística - Papel de enlace com o governo

O biodiesel foi lançado no mercado com pouca produção e preços mais elevados que o óleo diesel no final da década de 80, mas com as ações descritas nas Tabelas 6.2 e 6.3, em 2003, o preço do biodiesel passou a ser, em média 77,7 centavos US\$/litro, menor que o preço do óleo diesel, em média 88,2 centavos US\$/litro; resultando na elevação do consumo e da produção do biocombustível (KNOTHE, *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

6.1.1.2 FRANÇA

O consumo anual de óleo diesel na França foi de 29,8 milhões de toneladas em 2006. Cerca de 60% dos veículos novos são movidos à diesel e estes aumentam ao redor de 4% ao ano enquanto a porcentagem de veículos movidos à gasolina tende a diminuir. A frota de veículos a diesel ultrapassou 40% da frota total que aumentou rapidamente na década de 90 (ANDRADE *et al*, 2005; JBIC, 2006).

Na França utiliza-se a canola (282.000 ha) e o girassol (50.000 ha) como matéria-prima para a produção de biodiesel. No ano 2000 foram produzidos 353 milhões de litros de biodiesel, e sua produção incrementa anualmente. O governo francês, a exemplo do alemão, subsidia a comercialização do biodiesel promovendo um sistema de isenção de impostos. Entretanto a situação na França é exatamente oposta com a Alemanha, o B100 é taxado enquanto o biodiesel misturado é isento de impostos. Antes na Alemanha somente o B100 era isento de impostos enquanto combustíveis misturados com o biodiesel eram taxados (ANDRADE *et al*, 2005; JBIC, 2006).

A lei francesa estabelece que a mistura máxima permitida para a comercialização em postos de distribuição ao consumidor é a B5 fabricadas a partir do óleo de canola (JBIC, 2006).

Na França, o uso do biodiesel é focado no abastecimento veículos públicos, principalmente no transporte coletivo. Porém, no caso dos ônibus, o máximo permitido de mistura de biodiesel é 30%. Ônibus movidos a combustível com biodiesel circulam em mais de 30 cidades, e isso chega a pelo menos aproximadamente 4.000 veículos. O governo se comprometeu a aumentar em três vezes a produção de biodiesel até 2007, e espera difundir ainda mais o uso do biocombustível para ônibus. Do total de 12.000 ônibus que circulam no país, 4.800 pertencem a Empresa de Transportes de Paris (RATP), que anunciou políticas para um “transporte público limpo” promovendo o uso de combustíveis com biodiesel. Em 2004, foi anunciado que haviam 67 veículos movidos a biodiesel, utilizando 362.000 toneladas de B30 ao ano, que, juntamente com os ônibus movidos a eletricidade e gás natural, possibilitaram reduzir a emissão de gás carbônico em 25% (ANDRADE *et al*, 2005; JBIC, 2006).

6.1.1.3 ITÁLIA

A produção de biodiesel na Itália é significativa sendo o terceiro maior produtor na Europa depois da Alemanha e França, e seu mercado aumenta rapidamente. As matérias-primas são a canola e o girassol (ANDRADE *et al*, 2005; JBIC, 2006).

A dependência da demanda energética italiana em mais que 80% à importação faz com que seja promovida uma economia energética com foco no desenvolvimento de novas fontes de energia. O biodiesel também é parte dessas novas fontes energéticas, mas seu volume de

produção em 2001 foi de 125.000 toneladas, e chegou a aproximadamente 210.000 toneladas em 2002. Tradicionalmente, a maior parte do biodiesel era utilizado no aquecimento das casas na forma de biodiesel misturado ao diesel. Mas a partir de 1993, o biodiesel teve sua competitividade elevada pela isenção de taxas quando utilizado como combustível de veículos, motivo pelo qual seu aproveitamento nesta área está aumentando recentemente. Entretanto, existem poucos postos que podem oferecer este combustível na Itália, e o aproveitamento é limitado só para o setor de transporte público e companhias privadas de transporte. O mais comum é o uso de B5, sendo que o uso de B20 e B30 ainda não está muito difundido (ANDRADE *et al*, 2005; JBIC, 2006).

6.1.2 AMÉRICA DO NORTE

6.1.2.1 ESTADOS UNIDOS

O biodiesel produzido a partir da soja superou os padrões ambientais do governo dos Estados Unidos da América (EUA) em 1998. Assim, a lei *Biodiesel Legislation* reconheceu o B20 como combustível alternativo sendo adotado por 5 estados (Arizona, Delaware, Iowa, Ohio e Missouri) e o Ministério da Defesa (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

O biodiesel é utilizado por navios comerciais, todas as unidades do exército, NASA, e várias entidades autônomas. O tamanho do mercado dos EUA de biodiesel é de cerca de 200 milhões de litros anuais, e o B20 ocupa o maior percentual no mercado de biodiesel (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

O maior consumidor é o Ministério da Defesa que no contrato de 2003/2004 adquiriu mais de 19,7 milhões galões de biodiesel. Existem em torno de 20 companhias que fabricam biodiesel. A venda de B20 é realizada em todo o país, embora ocorram diferenças de número entre os estados. No meio-oeste americano na zona produtora de soja, existem muitos postos de venda de B2, B5 e B20. O B100 é comercializado em aproximadamente 90 postos. A Figura 6.2 mostra a localização das plantas de biodiesel distribuídas em todo o território americano em abril de 2005 (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

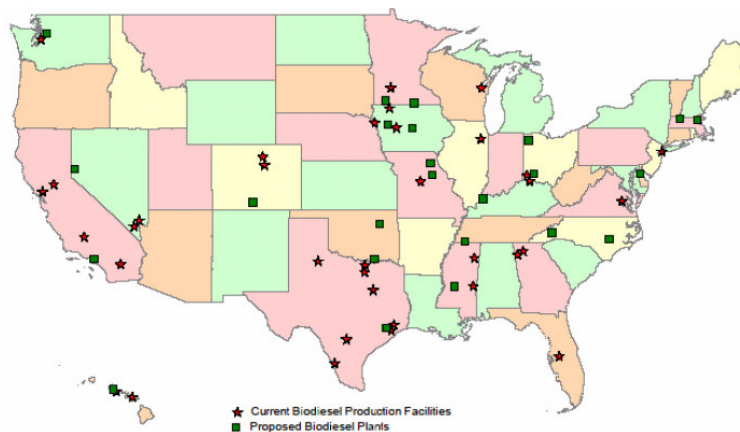


Figura 6.2: Plantas de biodiesel no território dos Estados Unidos em operação (representadas por estrelas) e futuros projetos (representados por quadrados) (KNOTHE *et al*, 2005).

O volume de produção de biodiesel nos EUA em 1999 foi de 1,9 milhões de litros, em 2002 ultrapassou 76 milhões. Por outro lado, o consumo de biodiesel em 1996 era praticamente zero, em 2002 passou a 57 milhões de litros e em 2003 aumentou para 95 milhões de litros. Este volume representa em torno de 0,2% do consumo total de diesel no país. Pretende-se substituir 30% do diesel importado em 2010 por biodiesel e atingir uma produção de 5 bilhões de litros em 2016. Em 2006 a produção saltou para 1.136 milhões de litros anuais. A soja que possui 75% do mercado de produção de óleo vegetal é a matéria-prima com maior expectativa. O óleo de cozinha usado, gordura animal e milho são outras matérias-primas viáveis (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Como há excesso de produção da soja em relação ao consumo interno, e também de óleo usado, no curto prazo não deve haver problemas de suprimento de matéria-prima, considerando que o excedente de soja não seja destinado ao mercado externo. A produção e uso do biodiesel nos EUA têm os mesmos objetivos da Europa que seriam o uso de excedentes de produtos agrícolas aplicados no setor não alimentício (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Da mesma forma que na UE, os Estados Unidos motivados pela necessidade de obtenção de fontes de energia renováveis criaram programas de incentivo e isenções fiscais para tais fins (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006)..

Em 2005, o Comitê de Energia do Congresso aprovou a legislação energética integral. Esta lei tem por objetivo incrementar a produção energética nacional de óleo cru, gás natural, carvão e etanol. A medida protecionista fiscal desta legislação isenta o biodiesel do imposto federal de produtos a fim de reduzir os custos do produto (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

A eliminação do imposto ao consumo proposto pelo Congresso para biodiesel de soja e gordura animal utilizadas como matéria-prima, foi realizada simultaneamente com a disponibilidade de capital através da Corporação de Crédito de Bens (CCC) do Ministério de Agricultura e, portanto, a produção de biodiesel deve aumentar para o período contábil de 2004-2006 (JBIC, 2006).

Na Tabela 6.4 são apresentados programas de incentivo promovidos pelo governo americano.

Tabela 6.4: Principais programas de incentivos dos EUA para a produção de biodiesel (JBIC, 2006).

Programa	Conteúdo
Corporação de Crédito de Bens	<ul style="list-style-type: none"> • Teve início em 2000 executado pelo Ministério de Agricultura dos Estados Unidos. • Pagamento parcial na compra de matéria-prima pelos produtores de biocombustíveis, correspondente a 150 milhões de dólares americanos (cada produtor pode receber um máximo de 5% deste valor, equivalente a 7 milhões e meio de dólares). • Proporciona 40% do valor de compra de matéria-prima para os produtores de BDF.
Lei de Políticas Energéticas (1992)	<ul style="list-style-type: none"> • Início em 1992. • Até 2000 substituição de 10% dos veículos movidos com derivados de petróleo e 30% até 2010. • O BDF não estava incluído na categoria de combustível alternativo para o EPACT mas logo o B100 foi incorporado.
Lei de Reautorização da Conservação de Energia de (1998)	<ul style="list-style-type: none"> • Com a complementação do EPACT, o subsídio para o uso de B20 foi autorizado. • Se aplicam medidas protecionistas especiais para o B20 e se consideram os caminhões tanque para o transporte de B20 (capacidade de carga maior a 8.500 libras) como veículos de combustível alternativo, concedendo subsídios para consumos maiores a 450 galões de B100.
Redução do Imposto Federal aos Combustíveis	<ul style="list-style-type: none"> • Incidência do imposto ao consumo de 22.5 centavos para cada galão de diesel e os estados taxam da mesma forma; em 2001 foi sugerida a redução do imposto federal. • Redução de 0,03 dólares para o B2 (redução de custos de 1,50 dólares por galão). • Redução de 0,20 dólares para o B20 (redução de custos de 1 dólar por galão). • A perda com a redução de impostos é compensada com transferências do programa CCC.

6.1.2.2 CANADÁ

O biodiesel ainda não é um combustível comercial no Canadá, mas a recente fundação da *Biodiesel Association of Canada* (Associação de Biodiesel do Canadá) indica que as atividades comerciais estão em fase de planejamento e serão aceleradas (JBIC, 2006).

O biodiesel é registrado como aditivo e combustível na Agência de Proteção Ambiental Canadense e as normas que estabelecem as especificações de produção e utilização do produto são estabelecidas pelo órgão *Environment Canada*. O biodiesel puro, B100, foi designado

como um combustível alternativo requerido pelos órgãos federais e estaduais canadenses (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

A exemplo de outros países, no Canadá foram criados órgãos para a promoção da produção e do uso do biodiesel. Dentre os principais podemos destacar (JBIC, 2006):

a) *Biodiesel Association of Canada* (Associação do Biodiesel do Canadá), fundada em junho de 2003 pela Canadian Oilseed Processors Association - COPA; (Associação dos Processadores de Óleos Vegetais Canadense);

b) *The Canadian Renewable Fuels Association* (Associação de Combustíveis Renováveis Canadense), fundada em 1994 para promover os biocombustíveis renováveis (etanol e biodiesel) aplicados em transportes;

c) *Natural Resources Canada, Office of Energy Efficiency, Transportation Energy Use Division* (Recursos Naturais do Canadá, Escritório de Eficiência Energética, Divisão do Uso de Energia em Transportes).

Atualmente, o biodiesel é tributado no mesmo nível dos combustíveis fósseis no Canadá, com exceção do estado de Ontário no qual o biodiesel é isento de impostos estaduais. Devido à baixa tributação do óleo diesel mineral, uma isenção dos impostos federais sobre o biodiesel, mesmo quando combinada à isenção estadual não representaria um incentivo fiscal significativo para a promoção do biodiesel no país (JBIC, 2006).

O Canadá é conhecido pela sua grande produção de canola, mas a produção de semente de girassol também cresceu nos últimos anos. Hoje o Canadá é o quarto exportador mundial de óleos vegetais. Além destas matérias-primas os óleos de fritura e gordura animal, são usados para a produção de biodiesel (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

Em abril de 2001, a primeira planta piloto de biodiesel de grande capacidade de produção (80 toneladas anuais) foi posta em operação. A tecnologia foi desenvolvida pela Universidade de Toronto.

O foco da utilização de biodiesel, num primeiro momento, é o transporte público urbano visando os testes do uso do biodiesel em condições reais de operação, particularmente em condições de inverno rigoroso e demonstrar a viabilidade econômica do produto (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Com a sua grande produção de canola e girassol, o Canadá tem plena disponibilidade de óleo vegetal. Um dos pontos fracos que podem impedir o desenvolvimento do uso do biodiesel no Canadá é a utilização do biodiesel no inverno. Como visto anteriormente aditivos ou a mistura de diesel mineral ao produto soluciona o problema, entretanto estas práticas elevarão os custos do produto (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

6.1.3 AMÉRICA DO SUL

6.1.3.1 BRASIL

No Brasil, da mesma forma que na Europa e nos Estados Unidos, a produção de biodiesel é motivada por questões ambientais, busca de fontes de energia renováveis e a necessidade crescente de redução do uso de combustíveis fósseis. Entretanto no Brasil os projetos governamentais para a promoção do biodiesel são baseados na inclusão social dos agricultores de regiões com problemas socioeconômicos, como as regiões Norte e Nordeste.

Atualmente, a produção brasileira de biodiesel e a sua aplicação estão numa fase embrionária quando comparadas com outros produtores. A Tabela 5.1, apresentada no Capítulo 5 evidencia este fato. Mesmo com a capacidade instalada de 2,1 bilhões de litros, a produção em 2007 do B100 atingiu cerca de 244 milhões de litros, isto é, um oitavo da capacidade de produção e um quarto da demanda prevista para 2008, quando a obrigatoriedade do B2 entra em vigor (vide Figura 5.1). Por outro lado, o crescimento de 330% da produção de B100 no período de 2005 a outubro de 2007 evidencia o rápido desenvolvimento da produção e do mercado brasileiro.

Os programas governamentais brasileiros relacionados com o biodiesel têm como objetivo central promover o emprego nas zonas rurais e a inclusão social. A base de todos estes programas é o projeto de lei do Biodiesel e a Inclusão Social, que foi apresentado ao Congresso Nacional em março de 2004. Este projeto de lei contém diversos anteprojetos e medidas protecionistas. Em junho de 2004, o Ministério de Minas e Energia (MME), anunciou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, como um passo concreto para alcançar o objetivo de garantir a produção de biodiesel. De acordo com este programa, ao se adicionar 1% de biodiesel ao diesel (utilizando matéria-prima produzida por famílias de pequenos agricultores), seria possível criar emprego para 450.000 famílias nas zonas rurais, e sua renda média seria incrementada (R\$ 4.900/ano) (CARMÉLIO, 2006; JBIC, 2006; MCT, 2007).

Também se considera que a criação de 1 emprego no campo levaria à criação de 3 empregos na zona urbana, portanto seria possível gerar um total de 180.000 novos postos de trabalho. Com base nestes números foram realizadas outras projeções segundo as quais seria possível gerar 1 milhão de novos empregos se a porcentagem de adição de biodiesel produzido com matéria-prima das pequenas unidades agrícolas familiares fosse ampliada para 6%. O Governo Federal pretende promover este programa dando ênfase particularmente ao cultivo de mamona por agricultores em estado de pobreza. Também promove uma política de criação de demanda por biodiesel ao anunciar em janeiro de 2005 a Lei nº 11.097. Esta lei, como citado anteriormente estabelece a obrigatoriedade de se

adicionar 2% de biodiesel até 2008 e 5% a partir de 2013 (CARMÉLIO, 2006; JBIC, 2006; MCT, 2007).

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel é o pilar que sustenta a Lei nº 11.097, desde o lado do fornecimento, ao obrigar a adição de B2/B5 e se espera que esta possa trazer resultados positivos no que se refere à inclusão social, desenvolvimento regional e ampliação das oportunidades de emprego. Dentro deste contexto de desenvolvimento social vale ressaltar o incentivo e a preocupação do governo federal com a cultura da mamona e do dendê, nas regiões Nordeste e Norte respectivamente (JBIC, 2006).

Com relação à qualidade e políticas de promoção do B2, foi estabelecido que a Agência Nacional do Petróleo (ANP), será a responsável pelo controle da legislação relacionada ao biodiesel. Por outro lado, a adição de biodiesel ao diesel será realizada pelas empresas fornecedoras de combustíveis, em suas refinarias. Porém, a garantia dos fabricantes de automóveis será uma condição imprescindível no caso de utilização do B2 (CARMÉLIO, 2006; ANP, 2007; MCT, 2007).

A partir da apresentação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, o governo federal procura estruturar uma legislação específica e uma campanha de incentivos focados no setor. Dentre estas principais iniciativas pode-se citar o Selo Combustível Social e o Programa de Assistência ao Financiamento para Investimentos no Biodiesel. Estes programas são iniciativas do Ministério de Minas e Energia (MCT, 2007).

A Tabela 6.5 mostra as políticas e ações relevantes tomadas até o momento com relação ao biodiesel.

Tabela 6.5: Políticas e atividades do governo federal brasileiro e outros (JBIC, 2006).

Entidade	Atividades e Medidas relacionadas ao BDF
Gov. Federal e Legislação	<ul style="list-style-type: none"> • 1980, a PETROBRAS e o Ministério da Aeronáutica apresentam o PRODIESEL. Paralelamente, a Universidade Federal do Ceará e o Ministério da Aeronáutica desenvolvem o Bioquerosene para aviação • 1983, apresentado o Programa de Óleos Vegetais (OVEG) com o objetivo de utilizar biocombustível em veículos • 2002, o MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia) apresenta o PROBIODIESEL para promover o biocombustível • 2003 (jun), o MME apresenta o Programa Combustível Verde-Biodiesel que promove a produção de 1,5 milhões de litros de biodiesel • 2004 (jan), estabelecido o Grupo de Trabalho Interministerial para desenvolver o biocombustível • 2004 (mar), o “BODIESEL E A INCLUSÃO SOCIAL” é apresentado ao Congresso Nacional enfatizando o aspecto social na promoção do biocombustível • 2004 (jun), o MME apresenta o “Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel” • 2004 (dez), o BNDES estabelece a estrutura de investimento / financiamento para o biodiesel • 2005 (jan), a Lei No 11.097 obriga a mistura de biodiesel no petrodiesel (B2/B5) • 2005 (abr), apresentada a lei de tributação para promover o lado social da produção de biodiesel (privilegia pequenos produtores do N, NE e semi-árido) • 2005 (mai), lançado o “Selo Combustível Social” • 2005 (mai), a Lei No 11.116 reduz provisoriamente as taxas de PIS/PASEP e COFINS • 2005 (set), o MME estabelece a “Medida No 3” • 2005 (out), o ANP estabelece o “Regulamento No 483”
Instituições em Geral	<ul style="list-style-type: none"> • 2000, a Universidade de Santa Cruz (BA) estabelece uma usina-piloto de biodiesel (1.400 l/dia) • 2004 (mar), BRASIL ECODIESEL inicia produção de mamona principalmente no Piauí • 2005 (mai), a PETROBRAS executa estudo de viabilidade para sistemas de extração de óleo para produção de biodiesel e projetos pilotos no RN (capacidade de processamento: 10 t / dia, capacidade de produção: 6 m³ / dia) • 2005 (jun), pesquisas de transformação de óleo vegetal em biodiesel sendo realizadas em Ribeirão Preto (USP) • 2005 (set), TECBIO desenvolve equipamento para produção de biodiesel no Ceará • 2005 (abr), AGROPALMA inicia produção de biodiesel com dendê em Belém (PA) • PETROBRAS pretende comercializar petrodiesel com biodiesel

O Selo Combustível Social, anunciado em 18 de maio de 2005, pretende atender pequenos produtores para que possam fazer parte do sistema produtivo agrícola, como uma forma de promover a inclusão social dentro do setor rural. Podem obter o Selo Combustível Social os produtores de biodiesel que comprem a matéria-prima de pequenos produtores que preenchem as condições do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF). Os produtores de biodiesel que obtenham o Selo poderão estar aptos para receber benefícios tributários assim como financiamento do governo federal (CARMÉLIO, 2006; MCT, 2007).

Paralelamente ao lançamento do Selo Combustível Social foi promulgada a Lei nº 11.116 (18/05/2005) de Redução das Taxas do Programa de Integração Social/Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS).

A Lei nº 11.116 estabelece uma redução da contribuição do PIS/PASEP e COFINS para os produtores de biodiesel. Estes benefícios fiscais se aplicam somente para aqueles registrados previamente, e as condições

para ser cadastrados são entre outras, que, no caso dos fornecedores, os agricultores familiares cumpram as condições do PRONAF e no caso dos compradores, que estes comprem as matérias-primas dos agricultores familiares (CARMÉLIO, 2006; MCT, 2007).

A Lei nº 11.116 também estabelece benefícios diferenciados de acordo com as regiões e com o método de compra de matéria-prima e estes benefícios se aplicam àqueles produtores que tenham obtido o Selo Combustível Social. O mecanismo de porcentagem da isenção é mostrado no esquema abaixo (JBIC, 2006).

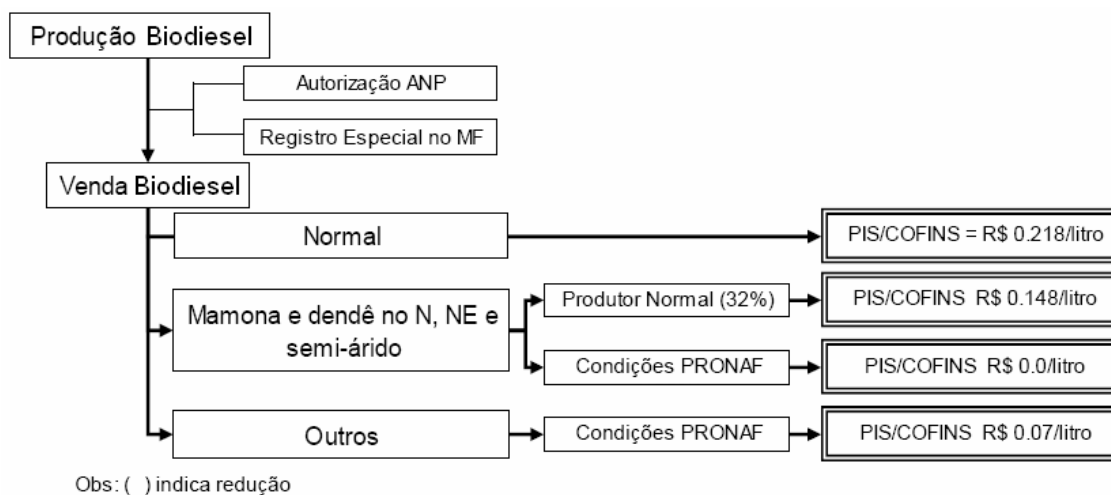


Figura 6.3: Estruturas de taxas do Selo Combustível Social (JBIC, 2006).

É interessante observar na Figura 6.3 os incentivos fiscais diferenciados para as culturas de mamona e dendê nas regiões nordeste e norte, evidenciando o caráter de desenvolvimento social do programa de biodiesel brasileiro.

O Programa de Assistência ao Financiamento para Investimentos no Biodiesel foi criado para incentivar investimentos no setor, e abrange desde o setor agrícola até a comercialização do biodiesel. Este programa tem como órgão financiador central o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), possuindo taxas de juros menores comparadas às linhas normais de financiamentos. Os juros podem ser inferiores de 1 a 3%. Para se ter acesso a estas taxas também é necessário possuir o Selo Combustível Social (CARMÉLIO, 2006; JBIC, 2006; MCT, 2007).

O Programa de Assistência Financeira para Investimentos em biodiesel se destina ao financiamento a partir do cultivo da matéria-prima até a venda do produto final. Podem ser financiadas as compras de máquinas e equipamentos registrados para serem utilizados na produção de biodiesel ou na produção de óleos vegetais, assim como investimentos no processamento de subprodutos do biodiesel (CARMÉLIO, 2006; JBIC, 2006; MCT, 2007).

O prazo para a formalização do B2, a partir de 2008 já se aproxima, e portanto, o governo federal está estruturando o sistema de produção e fornecimento de biodiesel através da emissão de resoluções que visam regulamentar o setor no tocante a produção, comercialização e forma de distribuição do produto.

Neste íterim, além dos programas de promoção e incentivo a produção de biodiesel descritos anteriormente, vale destacar a Resolução nº 3 (23/09/2005), a medida nº 483 (03/10/2005) e o Plano Nacional de Agroenergia. O lançamento destes decretos é parte do plano do governo federal prover condições ao país para o alcance da meta do B2 em 2008 (CARMÉLIO, 2006; JBIC, 2006; MCT, 2007).

A Resolução nº 3 indica que a Agência Nacional do Petróleo (ANP) irá indicar o volume de compra obrigatória para cada empresa de produção de diesel, autorizando a mistura por estas empresas (a mistura seria somente autorizada para as distribuidoras) por um período limitado. A Medida nº 483 estabelece regras para o leilão público de biodiesel (CARMÉLIO, 2006; JBIC, 2006; MCT, 2007).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) apresentou o Plano Nacional de Agroenergia para atender a estratégia do B2/B5 do Ministério de Minas e Energia (MME) por parte do fornecimento de matéria prima tendo como planos de ação os seguintes itens(JBIC, 2006):

- a) aumento da produção de óleo por área;
- b) melhoria da produção de biodiesel com uso de etanol;
- c) aumento do uso de resíduos da pecuária;
- d) desenvolvimento de tecnologia para agregar valores a resíduos e subprodutos da produção de biodiesel;
- e) desenvolvimento de tecnologia voltada à auto-suficiência de energia em usinas e locais remotos.

A produção de biodiesel no Brasil ainda se encontra numa etapa embrionária, e as primeiras iniciativas estão sendo concretizadas nas plantas instaladas pelo setor privado. Muitos projetos estão em fase de aprovação junto a ANP e capacidade de produção instalada está muito a quem do potencial existente no Brasil para a produção de biodiesel. A Figura 6.4 a seguir mostra a localização das plantas de biodiesel autorizadas pela ANP até 19/10/07.

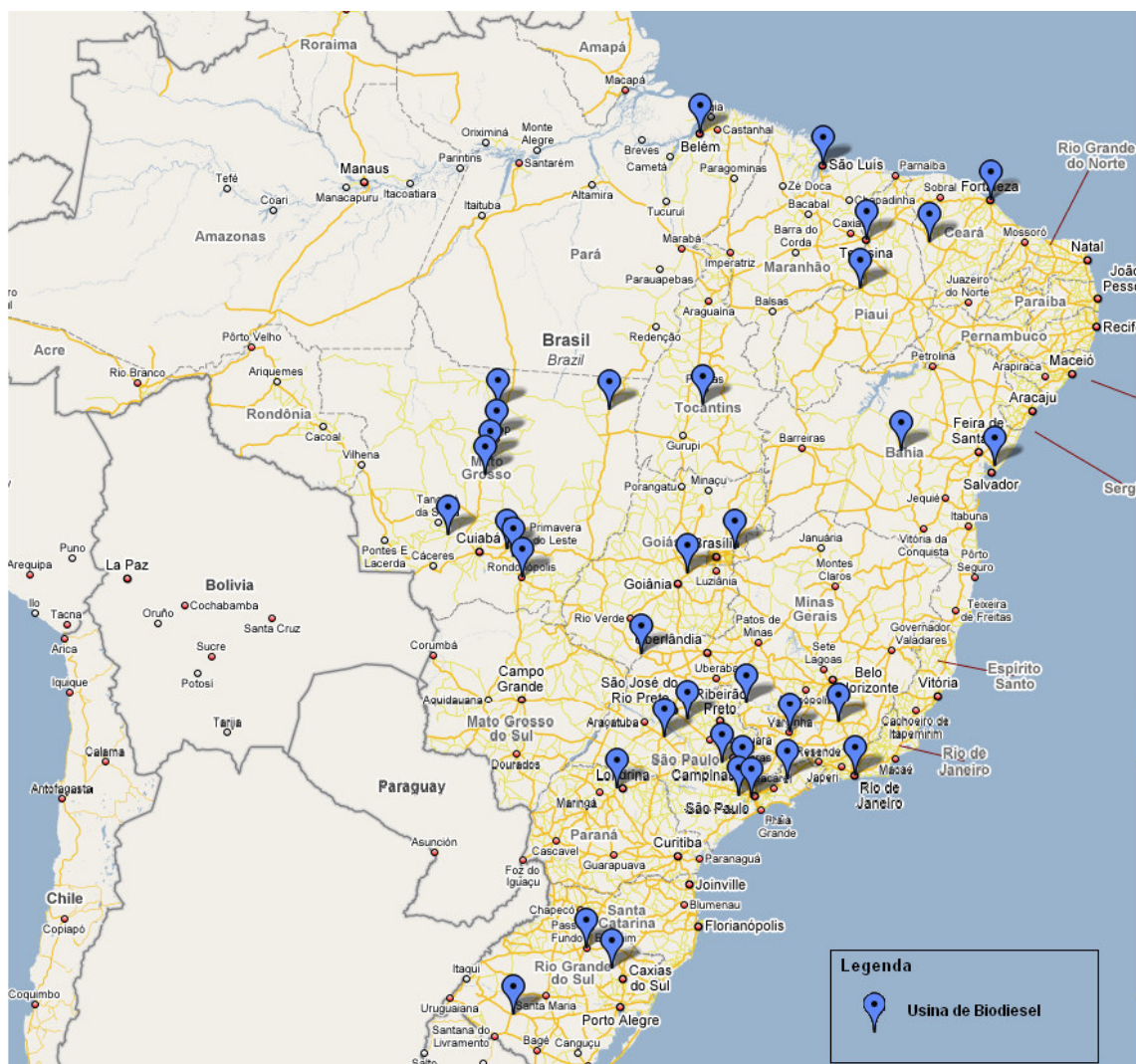


Figura 6.4: Plantas de biodiesel autorizadas pela ANP até 19/10/07. Elaboração própria a partir dos dados da Tabela 5.1 apresentada no Capítulo 5.

Como observado na Figura 6.4, as plantas produtoras de biodiesel estão concentradas nas regiões Centro-Oeste e Sudeste onde as opções e disponibilidade de matérias-primas são maiores. Além disso, a infra-estrutura para o escoamento e venda da produção é mais desenvolvida que nas outras regiões brasileiras.

6.1.3.2 ARGENTINA

A Argentina é o terceiro maior exportador de óleos comestíveis, principalmente soja e girassol. Além disso, o país é o quarto maior produtor de óleos vegetais. Desta forma, existe um enorme potencial para a produção de biodiesel (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

Os argentinos iniciaram seu programa de produção de biodiesel quando estabeleceram os padrões para o combustível por meio da Resolução 129/2001 da Secretária de Minas e Energia (KNOTHE *et al*, 2005a; ANDRADE *et al*, 2005).

Os requisitos, métodos de ensaio e todos os indicadores de qualidade do biodiesel na Argentina foram estabelecidos através das normas do *Instituto Argentino de Normalización* (IRAM) em 10 de dezembro de 2001. O congresso e outras autoridades nacionais têm buscado promover o biodiesel em âmbito nacional desde meados de 2001, oferecendo vantagens fiscais para acelerar tal processo. O biodiesel na Argentina tem estímulo através do Decreto 1.396, de novembro de 2001, que cria o “*Plan de Competitividad para el Combustible Biodiesel*”, propiciando a desoneração tributária do biodiesel por 10 anos (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

Buscando trazer novos investimentos em biodiesel para seu país, o governo argentino investe na divulgação das suas vantagens na produção. A vantagem comparativa na produção de oleaginosas, a produção de algum produto agropecuário que possa se transformar em óleo em quase todo o seu território, o fato da Argentina ser líder na exportação de óleos vegetais, o grande mercado interno de diesel e o compromisso do governo nacional em apoiar todo projeto para a produção do biodiesel, são os principais incentivos para que haja investimento no país. Há de se destacar também, o fato da Argentina ser importadora de gasolina, não sendo descartada a possibilidade do país substituir a importação do combustível, que em 2000 foi de 142 milhões de dólares, pela produção do biodiesel (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

Atualmente, a Argentina atravessa um processo de recuperação econômica e os investimentos nos setores produtivos estão sendo retomados. Existem 7 plantas de biodiesel com capacidade entre 10 e 50 toneladas diárias e ao menos 11 projetos de plantas de pequena e grande capacidade em andamento. Estima-se que sejam necessários 30 milhões de dólares para a implementação destas plantas (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

Dentre as usinas em operação, pode-se destacar a planta localizada na província Santa Fé com capacidade de produção de até 300 mil toneladas anuais (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

6.1.4 ÁSIA

6.1.4.1 JAPÃO

O Japão importa mais de 90% dos óleos comestíveis e utiliza o óleo reciclado para a produção de biodiesel. A produção anual é de 5.000 toneladas, e este volume de produção interno não chega a 0,01% do consumo de diesel no país. Quioto é o maior produtor do país, com

1.600 toneladas. A produção de biodiesel em outras cidades é de pequena escala (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

As ações da cidade de Quioto devem ser destacadas. Nesta cidade, precedendo à Conferência de Quioto para a prevenção do Aquecimento Global, foram iniciados, em agosto de 1997, testes para a coleta de óleo doméstico usado sendo estruturado também um sistema de coleta do produto. Em 800 pontos de coleta na cidade, colhe-se não somente o óleo de cozinha usado pelas famílias, como também de restaurantes e refeitórios. Com a colaboração da população foram recolhidos 120.000 litros durante o ano de 2003. O município de Quioto pretende expandir os pontos de coletas, aumentando para 2.000 locais em 2015. A partir de novembro de 1997, 220 caminhões de lixo começaram a operar usando o B100. A partir de abril de 2000 uma parte da frota de ônibus operando na cidade (em torno de 80 veículos), começaram a circular com B20 (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

No Japão, a expansão do biodiesel dependerá muito da padronização da qualidade do combustível, proporção de mistura com o diesel, desenvolvimento de veículos adaptados, e fortalecimento da competitividade em relação ao combustível fóssil (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

O B100 sempre foi isento de impostos, mas quando se introduziu o uso de B20 nos ônibus urbanos, devido à reforma da lei fiscal das prefeituras, os impostos aplicados passaram a ser os mesmos aplicados ao diesel. Devido a esta desvantagem na lei, a cidade de Quioto suspendeu o uso de biodiesel. Somente quando se concedeu um incentivo fiscal que compensava a incidência do imposto em março de 2001, foi possível voltar a utilização do biodiesel. Com esta medida, aproximadamente 1,5 milhões de litros de óleo diesel foram substituídos pelo biodiesel, diminuindo a emissão de CO₂. Este volume é estimado em 4.000 toneladas (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

A partir de junho de 2004, o “Centro Limpo”, localizado ao sul da cidade de Quioto começou a operar a maior planta de processamento de biodiesel do Japão (produção diária de 5.000 litros). Na Tabela 6.6 são apresentadas outras atividades de entidades autônomas para a promoção do uso do biodiesel (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Tabela 6.6: Principais ações para o uso de biodiesel combustível no Japão (JBIC, 2006).

Região	Conteúdo da ação
Província de Nagano, cidades de Nagano, Matsumoto, Ueda, etc.	Coleta de óleo usado e plantio de canola. Usado nos veículos de centros de distribuição de merendas, máquinas agrícolas, instalações turísticas.
Província de Niigata, cidade de Joetsu	BDF elaborado a partir de óleo reciclado que é utilizado em veículos oficiais da cidade e pelos caminhões de lixo da Companhia de Limpeza Pública da cidade de Joetsu.
Prefeitura de Chiba	Início do programa "Ecoprojeto da canola" visando promover o uso da canola incentivando seu plantio para a produção de óleo comestível que depois de usado é coletado para elaborar sabonete ou BDF; em 2004 foram colhidas 4,3 ha.
Prefeitura de Shizuoka (Associação de Caminhões)	Caminhões à diesel utilizam o BDF combustível elaborado com canola cultivada na cidade de Daito, prefeitura de Shizuoka, de forma experimental. Em 2004, na exposição floral realizada na lagoa de Hamana, os caminhões fizeram demonstrações.
Prefeitura de Shiga, Ferrovia Konoe (cidade de Hikone) e Kojak Bus (cidade de Ohtsu)	Operação conjunta do "Ônibus ecológico que cruza o lago Biwa" utilizando BDF, desde outubro de 2004
Província de Shiga, cidade de Shinasahi	Operação da "Rede para o ciclo de vida ecológico da canola" estruturada pela população local, buscando uma cadeia de reciclagem ecológica com o uso da canola, óleo de canola, na elaboração de combustível
Província de Shiga, cidade de Aihigasi	Habilitação de plantas de processamento de BDF e de processamento de carvão com restos de árvores e conchas moídas como ponto de partida para instalações de tipo ecológico "Eco Plaza Aihigasi - Pavilhão da Canola", aberto ao público desde janeiro de 2005
Cidade de Quioto	Coleta de óleo usado para fabricar BDF. Utilizado como combustível para as unidades da empresa de ônibus da cidade e caminhões de lixo, entre outros.
Província de Hiroshima cidade de Ohasa	Cultivo de canola em terras agrícolas ociosas por iniciativa da entidade NPO - INE OASA, coleta de óleo usado para elaborar BDF combustível utilizado por ônibus escolares, ônibus administrados pela cidade, etc.
Província de Kagawa, cidade de Zentuji	Reutiliza o óleo usado na preparação das merendas escolares na planta de elaboração de combustíveis que a sua vez são utilizados pelos caminhões de lixo.
Província de Kagoshima, distrito de Soori	Por solicitação das 8 cidades que conformam o distrito de Soori o "Centro de Reciclagem de Soori" foi instituída a coleta de óleo usado. Este óleo é processado como combustível utilizado por caminhões de lixo.

Paralelamente aos incentivos fiscais, o governo japonês está empenhado em desenvolver pesquisas para motores de automóveis compatíveis com combustíveis de biomassa, que possam operar com altas concentrações de biodiesel, isto é, motores que utilizem o B100. A meta é em 2007 estes motores já estarem disponíveis comercialmente (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

6.1.4.2 CHINA

O acelerado crescimento econômico chinês nos últimos anos; aliado a grande concentração populacional resultam numa demanda maior de produção, transportes e energia. Além disso, pode-se somar o aumento da dependência chinesa do petróleo (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Neste ínterim, em novembro de 2004 o Comitê Nacional de Reformas para o Desenvolvimento anunciou o Plano de Médio e Longo Prazo

para a Economia de Energia, que fixou metas concretas para médio e longo prazo (2010-2020). Neste plano o uso do biodiesel foi incluído no plano nacional e reforçado nos termos do 11º. Plano Quinquenal (2006-2010), onde se continuará dando ênfase à promoção e difusão do biodiesel como combustível alternativo ao diesel mineral (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Com o aumento da dependência do petróleo, é imprescindível garantir uma alternativa energética para o óleo diesel, de maneira que os projetos governamentais estão, conseqüentemente, sendo focados para o biodiesel (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Das 16 milhões toneladas de soja produzidas pela China, estima-se que metade é utilizada na produção de óleo e o restante na elaboração de comestíveis como o queijo de soja, por exemplo. O mercado de óleos vegetais vem aumentando continuamente na China e as grandes multinacionais de refinarias de óleo estão instalando plantas de grande porte na zona costeira do país (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Também devido ao crescimento vertiginoso de sua economia, a China experimenta uma expansão na demanda interna e a tendência é que a demanda por óleos vegetais cresça, acompanhada de um incremento na produção, consumo e importação. Caso o B10 fosse introduzido no setor de transportes, estimando-se o volume de consumo de 2003, seriam necessárias 3 milhões toneladas anuais de biodiesel. A Tabela 6.7 ilustra esse dado através do consumo de diesel mineral. Dentro deste contexto, porém, a realidade mostra que a produção interna de matéria-prima agrícola não está acompanhando este ritmo, e este déficit na produção interna deve ser coberto pelo aumento nas importações (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Esta tendência é mais notável no caso da soja. Até os anos 80, a China era um exportador deste produto e em um dado momento chegou a exportar mais de 1,5 milhões toneladas de soja. Porém o aumento da produção não acompanhou o ritmo de aumento da demanda e a partir de 1995 a China se transformou num país importador de soja e no período 2003-2004 este volume ascendeu a 1,68 milhões toneladas (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Tabela 6.7: Consumo de combustíveis fósseis em 2003 na China (JBIC, 2006).

	Total (1.000 t)	Setor transporte (1.000 t)
Diesel	76.678,9	29.680,0
Gasolina	37.497,0	15.030,0

Para enfrentar esta restrição na oferta de matéria-prima do biodiesel, estão sendo realizados cultivos alternativos à soja como a *Paulownia*

nativa de Taiwan e a *Kosteletzkya virginica* (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

O interior da China não conta com poços petrolíferos, portanto o custo de transporte do diesel e outros combustíveis, assim como o aumento no consumo, constituem um grande problema econômico. Neste contexto a produção de combustível a partir de óleos vegetais é viável economicamente, levando-se em conta a extensão continental do país (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Desta forma, a China, aliada à diversidade de matéria-prima para a produção de biodiesel, está desenvolvendo-o como combustível alternativo ao diesel (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

6.1.4.3 ÍNDIA

Em 2002 foram consumidos 8 bilhões de litros de gasolina e 43 bilhões de litros de óleo diesel na Índia. O consumo de diesel representa cerca de 5 vezes do consumo de gasolina. Isto se deve ao fato da gasolina custar 52% a mais que o diesel; sendo, portanto, bastante consumido. O diesel é uma fonte importante de energia para o país, representando ao redor de 40% do consumo total de energia, e destes, 75% são consumidos como energia para o setor transporte (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Em grandes cidades como Delhi, a poluição atmosférica devido aos gases expelidos pelos veículos é grave, sendo muito importante reduzir o consumo de diesel, seja para reduzir a importação de óleo cru, seja para controlar a poluição atmosférica. Neste contexto, a Índia também avaliou a introdução e difusão do biodiesel como combustível alternativo para o óleo diesel (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

O governo planejou introduzir o B5 parcialmente em uma região do território sob administração direta do governo em janeiro de 2005. Posteriormente, se introduziria o B5 em três fases, a fase de demonstração entre 2005-2007, a fase de expansão da área de suprimento e das estruturas de comercialização entre 2007-2010 e a fase de atendimento da demanda de 2011-2012 (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Porém, devido a falta de matéria-prima, em 2005 ainda não havia fornecimento de B5 sendo, portanto, difícil que o plano anterior, com suas diversas fases possa ser implantado de acordo com o planejado (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Por outro lado, o estado, em cooperação com empresas privadas e institutos de pesquisas das universidades, já testou a introdução de biodiesel combustível em geradores elétricos, locomotivas e ônibus públicos equipados com motores diesel (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

A maioria dos países utiliza como matéria-prima os óleos comestíveis de soja, canola e palma, mas a característica do biodiesel na Índia é que para sua elaboração se utilizem óleos não comestíveis, como por exemplo, o óleo de mamona. Isso ocorre porque a Índia é um país importador de óleos comestíveis, portanto estão obrigados a utilizar óleos não comestíveis como matéria-prima (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Existem 7 vegetais nativos com possibilidades de serem utilizados como matéria-prima. Estes vegetais nativos têm diversos pontos favoráveis tais como o alto conteúdo de óleo de boa qualidade, baixos investimentos (adubo, agroquímicos), crescimento rápido com colheita estável, fácil acessibilidade por serem nativos, sendo no momento atual os mais apropriados. O governo também acredita na viabilidade econômica dos produtos que são matéria-prima de biodiesel, já que ao redor de 60% da população do país vive em áreas rurais e dependem da agricultura praticada de acordo com as condições climáticas (KNOTHE *et al*, 2005a; JBIC, 2006).

Uma das matérias-primas, o pinhão manso, recebeu o apoio da companhia Daimler Chrysler e em novembro de 2003 teve início o Programa Pinhão Manso. Este é um projeto conjunto entre a Índia e a Alemanha e se planeja iniciar pesquisas num espectro amplo, desde o cultivo até a produção de biodiesel em um período de 5 anos. Participam do projeto, a Universidade Hohenheim pela Alemanha e a *Indian Central Salt & Marine Chemicals Research Institute*, pela Índia, que desempenharão um papel central. A companhia Daimler Chrysler proporcionará o capital, tecnologia e veículos para testes A Tabela 6.8 mostra as principais ações do programa (JBIC, 2006):

Tabela 6.8: Programa pinhão manso indiano (JBIC, 2006).

Projetos	Resumo
Projeto Pinhão Manso no estado de Tamilnadu	Plantio de pés de Pinhão Manso em 150.000 ha no estado de Tamilnadu para a produção de BDF.
Projeto de utilização de B10 combustível elaborados com Pinhão Manso, para locomotivas.	Plantio de pés de Pinhão Manso em ambos lados das ferrovias em uma extensão de 2.500 km, e o diesel das locomotivas terá em sua composição, 10% de BDF produzidos a partir da Pinhão Manso.
Diversas pesquisas a serem realizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Botânicas (National Botanical Research Institute)	Pesquisas diversas para a melhoria da produtividade da Pinhão Manso (volume de produção por unidade de área, produção unitária), influencias na erosão e aplicação de adubo, entre outras. Por outro lado, a Pinhão Manso pode ser considerada como um tipo de erva daninha, portanto se planeja realizar pesquisas para verificar o efeito de se plantar Pinhão Manso em grandes quantidades, assim como o grau de benefícios do saldo de energia líquido.

6.1.4.4 MALÁSIA

A Malásia está em fase de implementação de um programa para produção do biodiesel para exportação a partir do óleo de palma de dendê. O país é o maior produtor mundial desse óleo, com uma produtividade média de 5.000 kg de óleo por hectare ano (ANDRADE *et al*, 2005).

O *Malaysian Palm Oil Board* e *Golden Hope Plantations* se associaram-se em abril de 2005 com o objetivo de construir a primeira usina de biodiesel da Malásia em Labu, no estado de Negeri Sembilan onde também está instalado o maior terminal de óleo e a maior refinaria de petróleo do país. É esperado que complexo esteja operando em 3 anos e que seja capaz de produzir 5000 toneladas de biodiesel por mês. O grupo está investindo cerca de 10 milhões e meio de dólares na implementação da usina (ANDRADE *et al*, 2005).

O biodiesel produzido na Malásia deverá ser exportado principalmente para a Europa. O combustível não deverá ser consumido no país devido à dificuldade em ajustar a infra-estrutura de óleo das companhias nacionais. Adicionando que também não há nenhuma provisão legal para o consumo do combustível no país até o momento (ANDRADE *et al*, 2005).

6.1.5 OCEANIA

6.1.5.1 AUSTRÁLIA

Atualmente, a produção de biodiesel australiana permanece ainda numa fase embrionária, mas a produção de biocombustíveis está recebendo crescente atenção. Os dois principais fatores responsáveis por essa tendência são a poluição urbana causada pelos veículos automotores e as importações de petróleo que totalizam mais que metade do montante usado no país, resultando no maior componente de déficit da balança comercial australiana. Além disso, a redução nas emissões de poluentes do transporte rodoviário é um elemento chave para as estratégias de gerenciamento de qualidade do ar estabelecidas pela comunidade, estado e governantes locais na Austrália (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

Recentemente, o governo federal australiano realizou um estudo com o objetivo de identificar as barreiras a serem transpostas para a implantação do biodiesel e do etanol no país. Os resultados foram publicados em meados de 2003 (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

A partir de então, foi organizada uma nova tributação para o biodiesel, puro ou misturado, prevendo a mesma taxa aplicada ao diesel mineral, e um incentivo fiscal para os produtores e importadores do produto até

junho de 2008. Após este período o biodiesel puro estará isento de impostos, e um programa de estruturação do biodiesel no país será implementado a partir do segundo semestre de 2008; terminando no segundo semestre de 2012 (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

O futuro programa de estruturação do biodiesel na Austrália terá como objetivos estabelecer as especificações e normas do combustível; qualificar o biodiesel como um combustível alternativo para concessões de transportes rodoviários, e rever a tributação do combustível que irá ser aplicada a partir de 2012 (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

As matérias-primas que podem ser utilizadas para a produção do biodiesel na Austrália vão desde os óleos de frituras e gordura animal até óleos vegetais virgens como a canola, o girassol e a soja (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

Existem na Austrália alguns pequenos produtores de biodiesel e três grandes plantas que juntas podem produzir até 48.000 toneladas anuais do produto. Estima-se que existam cerca de seis projetos em andamento para a construção de plantas com capacidades maiores de 40.000 toneladas anuais (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

Em toda a Austrália existem apenas três postos de distribuição de biodiesel B100. O preço do biodiesel na bomba destes postos tem um preço equivalente ao diesel mineral (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

Uma empresa em Pooraka, sul da Austrália, está iniciando a venda de biodiesel B100 no comércio varejista e também venderá B20 depois que o governo liberar a licença para a venda do produto no mercado varejista (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

O futuro do desenvolvimento da indústria de biodiesel australiana depende dos resultados dos estudos e das iniciativas oriundas dos programas governamentais. O governo federal australiano fixou a meta de produzir 350 milhões de litros de bicompostíveis (biodiesel e etanol) até 2012 (ANDRADE *et al*, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a).

6.1.6 ÁFRICA

As primeiras referências sobre o uso de óleos vegetais para fins energéticos no continente africano remontam ao século XIX. Os países colonizadores europeus, como Bélgica, Alemanha, França, Itália, Inglaterra e Portugal tinham interesse em utilizar óleos vegetais como fonte de energia para alavancar o desenvolvimento das suas colônias na África (KNOTHE *et al*, 2005a).

Nos últimos anos, países como a África do Sul, Moçambique e o Senegal iniciaram programas de pesquisa, incentivo e desenvolvimento na área de biocombustíveis através da parceria com produtores

européus e, recentemente com o Brasil (KNOTHE *et al*, 2005a; GAIA, 2007; GANDRA, 2007; PIMENTEL, 2007).

No início do ano 2000, a África do Sul realizou estudos buscando determinar a influência da produção de biodiesel na economia e os efeitos na produção de alimentos. Os resultados destes estudos mostraram que o biodiesel poderia substituir 20% do diesel mineral importado consumido no país sem afetar a produção de alimentos e ao mesmo tempo beneficiaria a economia nacional com a geração de empregos e renda para a população de baixa renda. Por esta razão, visando incentivar os investimentos no setor, o governo decidiu garantir uma redução de 30% nos impostos para o biodiesel. O *The South African Bureau of Standards* (Bureau de Normatização Sul Africano) elaborou um conjunto de normas e especificações baseadas nos padrões europeus. As oleaginosas mais indicadas para a produção de biodiesel no país são a soja e o pinhão manso (KNOTHE *et al*, 2005a).

Em 2007, a GEF (*Global Environment Facility*), órgão internacional vinculado ao Banco Mundial, destinou US\$ 28.000 ao projeto “Cercas por Combustível” em Nhamatanda-Chimoio, Moçambique. Este projeto tem como objetivo principal promover a utilização de cercas vivas através do plantio de pinhão manso como futura matéria-prima para a produção de óleo para biodiesel. A Figura 6.5 mostra uma cerca natural feita com pinhão manso (GAIA, 2007).



Figura 6.5: Cerca viva de pinhão manso (GAIA, 2007).

O projeto selecionará dez grupos de agricultores que assumirão o compromisso de produzir um número determinado de mudas de pinhão manso em troca da aquisição de materiais para um poço, uma bomba para fornecer irrigação e a permissão de utilizar parte dos terrenos irrigados para a sua própria subsistência (GAIA, 2007).

As mudas serão então distribuídas aos agricultores da comunidade, que as usarão nas cercas para proteger as suas plantações contra o ataque de animais (GAIA, 2007).

O pinhão manso cresce muito depressa e forma uma cerca fechada em menos de dois anos. Além disso, as plantas não são consumidas por animais, e multiplicam-se facilmente. Estima-se que, inicialmente, o projeto gerará 5 km de cerca vivas crescendo e sendo multiplicadas nas vilas (GAIA, 2007).

Quando um número suficiente de pés de pinhão manso estiver em crescimento na região, sistemas simples (com custo inferior a US\$ 2.000,00) serão introduzidos para transformar o óleo em biodiesel (GAIA, 2007).

Em março de 2007 a Petrobras firmou parcerias com a ENI (*Ente Nazionale Idrocarburi*), multinacional italiana do setor de petróleo interessada em expandir seus negócios na área de biocombustíveis. Um dos principais objetivos da parceria Petrobras-ENI, é a implantação de unidades de biodiesel no Brasil e na África, em países como Moçambique e Angola, visando à exportação do produto para o mercado italiano (GANDRA, 2007).

Em maio de 2007, os governos do Brasil e do Senegal firmaram quatro acordos de cooperação no setor de biocombustíveis. Um dos acordos complementa a cooperação já existente para a produção de biocombustíveis. O ajuste visa capacitar técnicos senegaleses para a produção de álcool de cana-de-açúcar e também biodiesel (PIMENTEL, 2007).

6.2 MERCADO DA GLICERINA

Como visto no Capítulo 4, a glicerina é o principal subproduto do processo de fabricação do biodiesel; sendo utilizada praticamente em quase todos os ramos da indústria química.

Os principais países ou regiões consumidoras de glicerina são os Estados Unidos (28%), a Europa Ocidental (26%), a Ásia sem o Japão (9%), o Japão (7%), a América Latina (5%) e outros (25%) (JBIC, 2006).

Na última década, mudanças na estrutura do mercado de glicerina e o aumento dos preços do petróleo resultaram em oscilações na cotação do produto. Nesta conjuntura a crescente produção de biodiesel tem assumido um papel significativo no comportamento do mercado.

O volume de produção mundial de glicerina é cerca de 730.000 toneladas anuais. Nos Estados Unidos, durante o ano 2000, houve um crescimento de 20% na demanda comparada aos anos anteriores, chegando a 243.798 toneladas. Na Europa foram produzidas 232.000 toneladas, sendo que destas, 45.000 toneladas eram subproduto da produção de biodiesel (JBIC, 2006).

Nos últimos cinco anos, o consumo de glicerina aumentou 5 vezes enquanto os preços diminuíram em 50%. O aumento na demanda é devido à substituição de muitos produtos derivados de petróleo, por

glicerina que se tornou mais barata devido ao aumento nos preços dos combustíveis fósseis e o advento da indústria de biodiesel. A Figura 6.6 ilustra esse fato, considerando a variação de preços entre a glicerina sintética e orgânica (BONNARDEAUX, 2006).

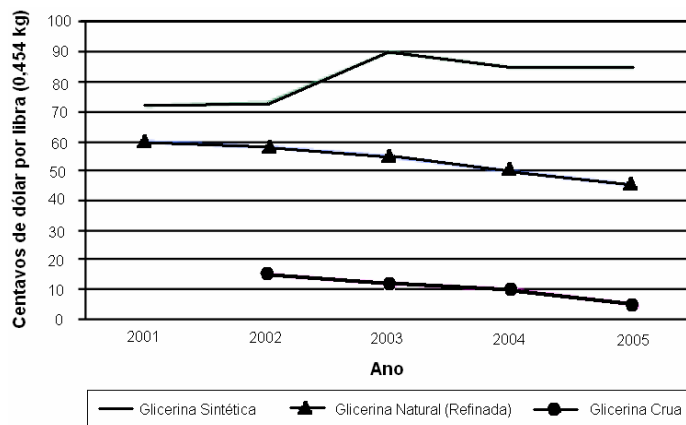


Figura 6.6: Variação de preços da glicerina entre 2001 e 2004 (BONNARDEAUX, 2006).

A Tabela 6.9 mostra a produção e o consumo de glicerina refinada nos Estados Unidos e na Europa, os dois mais importantes produtores e consumidores mundiais. Os Estados Unidos possuem excedente do produto enquanto a Europa precisa importar glicerina refinada para suprir a sua demanda. O Japão produz cerca de 46.000 toneladas anuais de glicerina refinada, mas também não é auto-suficiente; precisando importar cerca de 43.000 toneladas (BONNARDEAUX, 2006).

Tabela 6.9: Produção e consume de glicerina refinada nos Estados Unidos e Europa em 2005 (BONNARDEAUX, 2006).

Ano	Glicerina Refinada nos Estados Unidos		Glicerina Refinada na Europa	
	Produção (tonelada/ano)	Consumo (toneladas/ano)	Produção (tonelada/ano)	Consumo (toneladas/ano)
1995	201.880	168.070	215.000	-
1996	205.800	162.680	224.000	-
1997	209.720	175.910	250.000	230.000
1998	198.450	161.210	239.000	241.000
1999	230.790	176.890	268.000	267.000
2000	263.130	169.050	296.000	295.000
2001	246.960	171.990	297.000	280.000
2002	240.590	167.090	300.000	300.000
2003	198.940	152.390	315.000	325.000
2004	190.120	153.370	320.000	348.000

Um aspecto a ser analisado no incremento da produção de glicerina é o desequilíbrio no mercado entre a demanda e a oferta. Mesmo com a larga variedade de aplicações da glicerina na indústria química, a demanda pelo produto não absorverá a produção. Apesar dos múltiplos usos da glicerina refinada, muito freqüentemente o produto compõe apenas 0,05% da massa dos componentes formulados (BONNARDEAUX, 2006).

Portanto será necessário criar uma demanda nova ou adicional para este excedente. Além do mais, existe um risco ambiental provocado pela glicerina. Principalmente no caso de plantas produtoras de biodiesel de pequeno porte que não contam com instalações de tratamento adequado, existe o risco de poluição ambiental pelo derrame de líquidos que contenham glicerina. Além do mais, como será analisado posteriormente, um aumento no volume da oferta de glicerina e a sua comercialização influencia no sistema de preços do biodiesel (BONNARDEAUX, 2006; JBIC, 2006).

Pesquisadores e a indústria procuram novas aplicações para a glicerina. O produto pode substituir petroquímicos como fonte de matéria-prima para a produção de vários outros produtos. Dentre estas inovações pode-se citar a fabricação de biogasolina, o uso como combustível em caldeiras e na modelagem de briquetes para queima em lareiras (CALDEIRA, MOTA, 2005).

Eventualmente a glicerina irá substituir o etilenoglicol como anti-congelante, o propilenoglicol nas rações para animais e outros derivados de petróleo em tintas e vernizes (BONNARDEAUX, 2006).

O mercado de glicerina não é grande quando comparado aos padrões da indústria química, e a glicerina excedente que começa a ser produzida pela indústria do biodiesel tem mudado esta conjuntura. Em

2005, a glicerina foi cotada a € 500 (euros) por tonelada; custo mais baixo que os glicóis derivados do petróleo. A demanda no começo de 2006 cresceu 5%, provavelmente devido à substituição dos glicóis derivados da indústria petroquímica pela glicerina oriunda da indústria do biodiesel, sabões e esterificação. Este fato pode ser reforçado também devido ao aumento dos preços do petróleo (BONNARDEAUX, 2006).

A produção e a demanda de biodiesel cresceram na Europa e nos Estados Unidos desde 2003, causando uma produção excedente de glicerina crua que não tem como ser absorvida pelo mercado consumidor. Outro problema é a sobrecarga das unidades de refino do produto que não dão conta destes volumes crescentes (BONNARDEAUX, 2006).

No Brasil, a tendência é a ocorrência do mesmo fenômeno, só que com conseqüências maiores; pois o consumo interno e a infra-estrutura para o refino da glicerina são pequenos e a produção de biodiesel projetada superará a da Europa e dos Estados Unidos. A maioria da glicerina no Brasil, até o advento da produção de biodiesel; tem sido produzida por saboarias e indústrias de produtos de higiene (CALDEIRA, MOTA, 2005).

Os dados oficiais a respeito da produção e consumo de glicerina no Brasil referentes a 2006 são mostrados na Tabela 6.10.

Tabela 6.10: Condições da produção de glicerina no Brasil (ABIQUIM, 2006).

1. Capacidade instalada (Vano)		
Empresa	Localização	Capacidade Instalada em 2005
EPAIDO	SP	1.200
BRASIL MARASCHIN	RS	90
CAMPINEIRA	SP	1.500
CERALIT (1)	SP	2.000
COLGATE-PALMOLIVE	SP	3.617
PONTANA	RS	6.000
MEMPHIS	RS	640
MIRACEMA-NUODEX	SP	120 (*)
SIM ESTEARINA	PR	500 (*)
UNILEVER	SP	16.000
YPÊ (Indústria Química Amparo) (1)	SP	n.d.
Total		31.657

(*) Multipropósito.
(1) Não informou dados de produção e vendas.

2. Produção e vendas declaradas (t/ano)			
Ano	Produção (2)	Vendas Internas (2)	Vendas Externas (2)
2001	16.824,0	16.520,8	1.260,2
2002	12.620,5	9.612,2	4.769,4
2003	14.090,4	9.116,7	6.105,0
2004	12.229,7	7.807,2	5.758,0
2005	12.532,6	6.388,5	4.621,0

(2) Produção e vendas correspondem à soma das dígitas declaradas por aquelas empresas que efetivamente responderam ao questionário da Abiquim.

3. Destino aproximado das vendas internas	
Aplicações	%
cosméticos	49,9
farmacêutico	14,5
dígitas e vernizes	11,9
alimento	1,9
explosivos	1,0
borrachas	0,4
outras	21,4
Total	100,0

4. Importação e exportação (Vano e US\$-fob)				
Ano	Importação		Exportação	
	t	US\$1.000 fob	t	US\$1.000 fob
2001	90,0	219,9	160,8	150,6
2002	49,7	42,5	1,7	1,9
2003	60,6	31,6	278,4	287,6
2004	943,0	437,4	0,5	4,1
2005	702,5	306,4	149,6	61,6

Analisando-se os dados da Tabela 6.10, percebe-se que a produção de glicerina brasileira é muito pequena quando comparada com a produção mundial, cerca de 12.859 toneladas anuais, 1,8% do total da produção mundial. Mais da metade desta produção é destinada para a indústria de cosméticos e farmacêutica.

O aumento da oferta de glicerina resulta na queda dos preços como mostrado na Figura 6.6, já apresentada (BONNARDEAUX, 2006).

O mercado de glicerina é conhecido pela sua complexidade e imprevisibilidade. Esta premissa se deve ao fato de a glicerina ser produzida primariamente como um subproduto de vários processos na indústria química e ao mesmo tempo a mesma ser utilizada por uma grande variedade de aplicações; portanto, existem vários agentes que influenciam no montante de glicerina produzida e consumida. Desta

forma o grande número de aplicações e a complexidade da estrutura de produção da glicerina torna difícil a previsão do comportamento dos preços do produto (KNOTHE, *et al* 2005; BONNARDEAUX, 2006).

A Tabela 6.11 mostra a distribuição de aplicações da glicerina em vários ramos da indústria.

Tabela 6.11: Aplicação da glicerina na indústria química mundial (JBIC, 2006).

Produto	% Demanda
Farmacêutico / Pasta de Dente	24%
Cosméticos	19%
Alimento / Bebida	17%
Tabaco	14%
Poliéster	10%
Mistura	8%
Resina	6%
Celofane	2%

O mercado de glicerina refinada é de mais difícil penetração que o da glicerina crua. Isto ocorre porque para a glicerina crua, um pequeno número de refinarias representa todo o potencial da base de produtores. Entretanto, a glicerina refinada pode ser vendida por centenas de diferentes indústrias. Dessa forma a concorrência é acirrada tornando difícil a entrada e a permanência de novos fornecedores no mercado. Na Europa, em setembro de 2005, o preço da glicerina refinada caiu para € 450 por tonelada, comparado com um pico de € 1.000 dois anos atrás forçando o fechamento de muitas plantas de produção de ácidos graxos e refinarias de glicerina. Na Tabela 6.12 é apresentada a previsão dos preços da glicerina para 2008 (BONNARDEAUX, 2006).

Tabela 6.12: Previsões da cotação da glicerina para 2008 (BONNARDEAUX, 2006).

Tipo de Glicerina	Estados Unidos (Preços em Euros por tonerlada)	Europa (Preços em Euros por tonelada)
Glicerina Refinada (99,5%) tipo Kosher (Nota-1)	758	550
Glicerina Refinada (99,5%) feita a paritr de sebo animal	578	500
Glicerina Crua (80%)	-	200

Nota-1: Algumas religiões têm leis alimentícias que se preocupam com a saúde do ser humano e com o sofrimento animal. No Judaísmo, o código alimentar é denominado de leis de Kosher. Na religião mulçumana, as regras alimentares são chamadas de halal. Essas leis de grande importância religiosas estabelecem quais alimentos podem ser ingeridos e de que maneira eles devem ser processados.(BONFIM, 2005).

Nota-2: Para a equalização de moedas foi utilizado os seguintes fatores de conversão: 1 EURO = 1,22 Dólares.

A Figura 6.7 mostra a irregularidade nos preços da glicerina refinada.

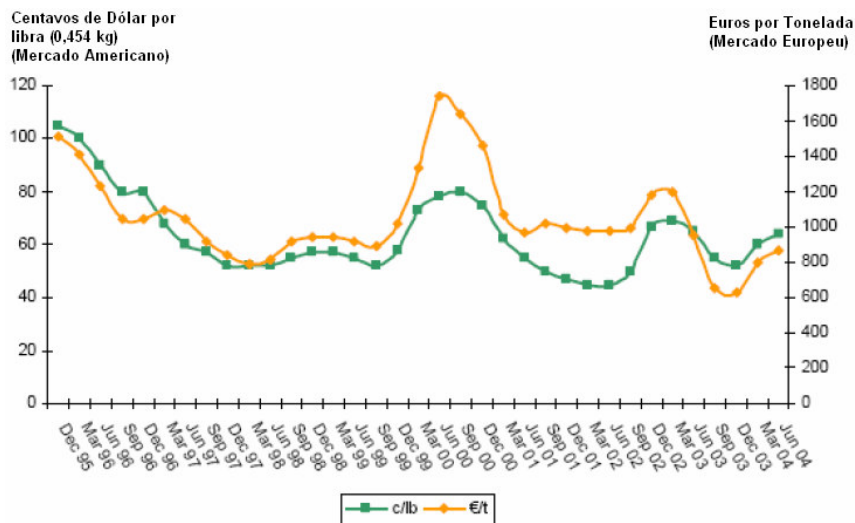


Figura 6.7: Variação de preços da glicerina refinada tipo Kosher no período de 1995-2004 (BONNARDEAUX, 2006).

Desta forma a conjuntura do mercado de glicerina está atravessando mudanças significativas tanto na esfera de produção quanto na esfera de consumo do produto. A previsão para os próximos anos é o aumento da oferta em relação à demanda do produto no mercado externo e interno. Esse fato, num primeiro momento, deverá causar a queda nos preços do produto. Entretanto a progressiva substituição de produtos petroquímicos e da glicerina sintética pela glicerina natural e a introdução de novas aplicações para o produto podem equilibrar o mercado a longo prazo.

6.3 CONCLUSÕES

Analisando-se o contexto do mercado mundial de biodiesel percebe-se que o apoio governamental na forma de programas de incentivos fiscais e estruturação do setor é condição necessária e comum a todos os países que iniciaram ou estão iniciando a sua produção. Este fato justifica-se principalmente devido à concorrência dos biocombustíveis com os combustíveis fósseis que possuem custos menores de produção.

Por outro lado, existem outros fatores relevantes que viabilizam a aplicação do biodiesel na maioria dos países, dentre eles, destacam-se: o aumento do uso de fontes de energias renováveis e limpas; diminuição da dependência do uso do petróleo e questões ambientais.

A Tabela 6.13, na página seguinte, resume os programas de incentivo e promoção da produção de biodiesel nos principais países e potenciais produtores mundiais.

Tabela 6.13: Condições de introdução e programas de incentivo do biodiesel em cada país. Elaboração própria a partir de (ANDRADE et al, 2005; KNOTHE et al, 2005a, CARMÉLIO, 2006, JBIC, 2006).

País	Principais Leis na Introdução do Biodiesel	Principais Atividades / Obs.
Alemanha	<ul style="list-style-type: none"> • Meta de 50% utilizando energia renovável em 2050 / duplicar o volume utilizado em 2000 até 2010. • Não há obrigatoriedade na introdução • Redução de taxas: A princípio o combustível mineral e o combustível misturado eram taxados, sendo isento de taxa o uso de biodiesel 100%. Legislação: Lei de Taxas do Óleo Mineral (1992). • Programa de Assistência na Promoção do Uso de biodiesel pelo governo. • Outras medidas de promoção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Biodiesel produzido a partir da colza. Produção de 1.200.000 t (2004). • O mercado de biodiesel é de mais de 1% do consumo total de diesel e 4% do diesel do setor de transportes. • O B100 era comum no início. Atualmente está sendo utilizado também o B20 a 30.
França	<ul style="list-style-type: none"> • A Ordem de 28/08/1997 autoriza a mistura de até 5% de biodiesel no diesel, sem obrigatoriedade. • Redução de Taxas: O B100 é taxado, mas a mistura biodiesel / diesel tem redução de taxas (redução parcial da taxa nacional do petróleo). 	<ul style="list-style-type: none"> • A produção de biodiesel foi de 353.000kℓ em 2000. • Colza e girassol como matéria-prima do biodiesel. • B5 é o mais comum. Os veículos públicos utilizam o B30. • Grande quantidade de veículos a diesel comparado com outros países.
Itália	<ul style="list-style-type: none"> • Programa Nacional de Biocombustível (PROBIO): Promoção do uso do biodiesel a nível estadual com recursos assistenciais para atividades de extensão do biocombustível e regulamentação do mesmo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Colza e girassol como matéria-prima. • Produção de 273.000 t de biodiesel (2003). • Tradicionalmente utilizado no aquecimento das casas. • Há biodiesel para uso nos veículos (principalmente o B5, não sendo muito comum o B20 a 30)
Suécia	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de Taxas: redução de taxas em todo o combustível mesmo utilizando o B5. 	<ul style="list-style-type: none"> • A produção de biodiesel se iniciou em 2001 com 1.000 t (até 2000 era nula a produção).
EUA	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovada a lei que autoriza o B20 • 30% do diesel importado será substituído pelo biodiesel em 2010. • Produção de biodiesel a partir da soja. Produção de 76.000 kℓ (2002). • B2 e B20 podem ser utilizados nos veículos. • Aprovada uma legislação de energia abrangente (maio/2005). 	<ul style="list-style-type: none"> • Lei de prorrogação das reduções de taxas do biodiesel é submetida ao senado • Existem outros programas de incentivo existentes. • Não há redução de taxas a nível nacional. Há redução a nível estadual em Idaho e Arizona. • Obrigatoriedade do B2 a partir de 2005 em Minnessota.

Tabela 6.13: Condições de introdução e programas de incentivo do biodiesel em cada país. (continuação).

País	Principais Leis na Introdução do Biodiesel	Principais Atividades / Obs.
China	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecidas metas com a publicação do Programa de Economia de Energia no Médio a Longo Prazo. Sem obrigatoriedade. • Apresentada a intenção de incluir o uso do biodiesel no plano nacional • Apresentada a Lei da Energia Renovável. • Em novembro de 2004 o Comitê Nacional de Reformas para o Desenvolvimento anunciou o Plano de Médio e Longo Prazo para a Economia de Energia, que fixou metas concretas para médio e longo prazo (2010-2020). • O biodiesel foi incluído no plano nacional e reforçado nos termos do. "11º. Plano Quinquenal (2006-2010)", onde se continuará dando ênfase à promoção e difusão do biocombustível como combustível alternativo ao diesel mineral. 	<ul style="list-style-type: none"> • A soja é a matéria-prima do biodiesel. Mas a partir de 1995 tornou-se de exportadora a importadora de soja. • Desenvolvimento de culturas alternativas para o biodiesel. • Desenvolvimento de combustível alternativo ao biodiesel. • Usinas de biodiesel em construção nas províncias de Hainan, Sichuan e Fujian (capacidade de 10.000 t/ano). • Realização de cultivos alternativos à soja como a <i>Paulownia</i> nativa de Taiwan e a <i>Kosteletzkya virginica</i> para a produção de biodiesel. • Desenvolvimento de plantas de produção no interior do país.
Índia	<ul style="list-style-type: none"> • Plano de expansão do biodiesel, sem obrigatoriedade. • Início do Programa <i>Jatropha</i> em novembro de 2003. 	<ul style="list-style-type: none"> • B5 não está sendo produzido nem comercializado devido a falta de matéria-prima (2004).
Japão	<ul style="list-style-type: none"> • Não há metas nacionais nem obrigatoriedades. • Atividades sendo realizadas por órgãos regionais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Biodiesel produzido a partir de óleo de cozinha usado. Produção de 5.000 t / ano. A prefeitura de Quioto é a maior produtora com 1.600 t /ano onde é utilizada em ônibus (B20) e caminhões de lixo. • O B100 é isento de taxas. A mistura de biodiesel e diesel é taxada.
Canadá	<ul style="list-style-type: none"> • Não há metas nacionais nem obrigatoriedades. • O biodiesel é registrado como aditivo e combustível na Agência de Proteção Ambiental Canadense. • O biodiesel é tributado no mesmo nível dos combustíveis fósseis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso do combustível em transporte público urbano com a finalidade de testes e estudos econômicos. • Em abril de 2001, a primeira planta piloto de biodiesel de grande capacidade de produção (80 toneladas anuais) foi posta em operação. A tecnologia foi desenvolvida pela Universidade de Toronto.
Austrália	<ul style="list-style-type: none"> • Tributação especial para o biodiesel, puro ou misturado, prevendo a mesma taxa aplicada ao diesel mineral, e incentivos fiscais para os produtores e importadores do produto até junho de 2008. • Programa nacional de estruturação do biodiesel no país (2008-2012). • O governo federal australiano fixou a meta de produzir 350 milhões de litros de bicombustíveis (biodiesel e etanol) até 2012. 	<ul style="list-style-type: none"> • Existem na Austrália alguns pequenos produtores de biodiesel e três grandes plantas que juntas podem produzir até 48.000 toneladas anuais do produto. • Cerca de seis projetos em andamento para a construção de plantas com capacidades maiores de 40.000 toneladas anuais. • Em toda a Austrália existem apenas três postos de distribuição de biodiesel B100. O preço do biodiesel na bomba destes postos tem um preço equivalente ao diesel mineral. • Uma empresa em Pooraka, sul da Austrália, está iniciando a venda de biodiesel B100 no comércio varejista e também venderá B20.

Tabela 6.13: Condições de introdução e programas de incentivo do biodiesel em cada país. (Continuação).

País	Principais Leis na Introdução do Biodiesel	Principais Atividades / Obs.
Brasil	<ul style="list-style-type: none"> • Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (2004). • Programa de Assistência ao Financiamento para Investimentos no Biodiesel criado para incentivar investimentos no setor, e abrange desde o setor agrícola até a comercialização do biodiesel (2004). • Lei nº 11.097: estabelece a obrigatoriedade de se adicionar 2% de biodiesel até 2008 e 5% a partir de 2013 (2005). • Lei nº 11.116 de Redução das Taxas do PIS/PASEP e COFINS (2005). • Plano Nacional de Agroenergia (2005). 	<ul style="list-style-type: none"> • 2000, a Universidade de Santa Cruz (BA) estabelece uma usina-piloto de biodiesel (1.400 t/dia). • 2004 (mar), BRASIL ECODIESEL inicia produção de mamona principalmente no Piauí. • 2005 (mai), a PETROBRAS executa estudo de viabilidade para sistemas de extração de óleo para produção de biodiesel e projetos pilotos no RN (capacidade de processamento: 10 t / dia, capacidade de produção: 6 m³ / dia). • 2005 (jun), pesquisas de transformação de óleo vegetal em biodiesel sendo realizadas em Ribeirão Preto (USP). • 2005 (set), TECBIO desenvolve equipamento para produção de biodiesel no Ceará. • 2005 (abr), AGROPALMA inicia produção de biodiesel com dendê em Belém (PA). • 2005 PETROBRAS pretende comercializar petrodiesel com biodiesel.
Argentina	<ul style="list-style-type: none"> • Resolução 129/2001 da Secretária de Minas e Energia (2001) regulariza o biodiesel no país. • Instituto Argentino de Normalización (IRAM) em 10 de dezembro de 2001 estabelece grupo de normas, métodos de ensaio e todos os indicadores de qualidade do biodiesel. • Decreto 1.396, de novembro de 2001, que cria o "Plan de Competitividad para el Combustible Biodiesel", propiciando a isenção tributária do Biodiesel por 10 anos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Existem 7 plantas de biodiesel com capacidade entre 10 e 50 toneladas diárias e ao menos 11 projetos de plantas de pequena e grande capacidade em andamento. • A planta localizada na província Santa Fé com capacidade de produção de até 300 mil toneladas anuais.

7 ANÁLISE AGROECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL

Neste capítulo será desenvolvida uma análise agroeconômica da produção de oleaginosas para a produção de biodiesel no Brasil, englobando as características, os custos de produção, as vantagens e desvantagens do emprego de cada cultura.

7.1 POTENCIAL AGRÍCOLA PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL

No Brasil se conhecem pelo menos 90 espécies de vegetais que poderiam servir como matéria-prima para a produção de biodiesel, mas se desconhece o volume de óleo que se poderia extrair da maioria destas plantas assim como o manejo agrícola das mesmas. A Tabela 7.1 exibe as oleaginosas disponíveis, na atualidade, para a geração de matérias-primas para a produção de biodiesel brasileira (JBIC, 2006).

Tabela 7.1: Oleaginosas brasileiras para a produção de biodesel (JBIC,2006).

Item	Cultura	Óleo produzido (kg/ha/ano)	Item	Cultura	Óleo produzido (kg/ha/ano)
1	Dendê	7026	8	Cacau	863
2	Coco	2260	9	Girassol	759
3	Abacate	2188	10	Gergelim	469
4	Pinhão Manso	1589	11	Café	386
5	Mamona	1172	12	Soja	379
6	Oliva	1149	13	Algodão	277
7	Colza	1006	14	Nabo Forrageiro	150

Além das culturas mostradas na Tabela 7.1, podem ser citadas ainda as palmeiras macaúba e babaçu.

Quanto à reciclagem de óleos de fritura oriundos da indústria alimentícia e restaurantes, pode-se dizer que no Brasil não existe uma política organizada para a coleta deste material. Entretanto existe um grande potencial na exploração do sebo de origem bovina oriundo dos rebanhos de gado no Centro-Oeste, Sul e Sudeste (ARANDA, 2005a).

A variedade de oleaginosas para a produção de biodiesel no Brasil é muito grande, entretanto a viabilidade de aplicação na produção industrial de biodiesel é restrita a algumas culturas. Basicamente os

parâmetros para a seleção de uma oleaginosa para a produção de biodiesel são o teor de óleo, a representatividade agrícola do produto na região de aplicação e o conhecimento prévio dos métodos de cultivo (PENTEADO, 2005; MACEDO, NOGUEIRA, 2005; JBIC, 2006).

Neste íterim as culturas com maior potencial para a produção em larga escala de biodiesel são a soja, o dendê, a mamona, o girassol, a colza, o amendoim, o algodão, o coco, o babaçu, a macaúba, o pinhão manso e o nabo forrageiro. Entretanto a disponibilidade imediata para a aplicação na produção industrial de biodiesel restringe-se a cinco culturas: o dendê, a soja, a colza, o girassol, a mamona (PENTEADO, 2005; MACEDO, NOGUEIRA, 2005; JBIC, 2006).

A exclusão das outras oleaginosas citadas anteriormente devem-se a características específicas de cada cultura que são brevemente descritas na Tabela 7.2 a seguir.

Tabela 7.2: Matérias-primas não consideradas e razões de sua exclusão. Elaboração própria a partir de (ARANDA, 2005a; PENTEADO, 2005; MACEDO, NOGUEIRA, 2005; JBIC, 2006).

Cultura	Razões de Exclusão
Algodão	O algodão é cultivado para produção de fibras e está sendo substituído pelas fibras sintéticas atualmente. Assim, sua área cultivada vem declinando e o produtor não irá cultivar algodão somente com o objetivo de produzir sementes. No longo prazo, associado à produção de biodiesel, o plantio do algodão, talvez, poderá torna-se lucrativo novamente.
Café	Os grãos de qualidade são consumidos como bebida. Os grãos de má qualidade são aproveitados para retirar o extrato utilizado para dar o aroma nos cafés instantâneos. Portanto, não há muito excedente para ser utilizado como matéria-prima do biodiesel.
Gergelim	O óleo de gergelim tem uma grande demanda no mercado mundial, sendo consumido como alimento no Brasil também. Portanto não há muito excedente para ser utilizado na produção de biodiesel.
Cacau	Utilizado na produção de chocolate, tem grande valor comercial. Portanto, não há excedentes para a produção de biodiesel.
Oliva	O azeite tem grande demanda como alimento tendo grande valor comercial. Portanto, seria muito difícil utilizá-lo na produção de biodiesel.
Abacate	O óleo de abacate tem grande demanda no setor de cosméticos. A produção é quase totalmente consumida por fabricantes de cosméticos nacionais.
Coco	O óleo de coco é extraído da polpa que é utilizada na culinária como por exemplo, o leite de coco. No entanto, existem algumas iniciativas para a produção de biodiesel através deste óleo atualmente.
Macaúba	Principalmente utilizado na forma extrativista. Ainda necessita de estudos para seu cultivo comercial.
Babaçu	Praticamente não existe cultivo sistemático de babaçu e a produção extrativista provém de palmeiras espontâneas, e a concentração de babaçuais exploráveis com cerca de 100 mil hectares é insuficiente para a produção em escala industrial.
Pinhão Manso	As pesquisas para o plantio comercial desta oleaginosa estão em fase de desenvolvimento. Os métodos de cultivo e as regiões apropriadas para o plantio ainda são pouco conhecidas.
Nabo Forrageiro	Da mesma forma que o pinhão manso, o nabo forrageiro ainda é uma cultura cuja tecnologia agrícola para grandes plantios ainda está sendo desenvolvida.
Amendoim	O óleo de amendoim tem sua própria importância no mercado por seu alto valor, e sua utilização na indústria alimentícia, portanto, considera-se que seria difícil utilizá-lo como matéria-prima de biodiesel. Entretanto em plantas onde a produção de etanol e biodiesel estiverem consorciadas, o amendoim pode ser viável na medida que este último é recomendado para o plantio em áreas antes ocupadas por canaviais visando à rotação de culturas.
Sebo e óleo de frituras e reciclados	No Brasil, ainda não existe uma política para a reciclagem de óleos de fritura e gorduras animais. Entretanto o sebo oriundo do beneficiamento do rebanho de gado bovino pode ser destinado a produção de biodiesel. Neste estudo esta matéria-prima será considerada.

Na Figura 7.1 é mostrado um mapa com a distribuição regional das culturas com potencial para a produção brasileira de biodiesel que serão consideradas nos estudos de viabilidade econômica desenvolvidos nos próximos capítulos. Devido a grande extensão da agropecuária existente na região Centro-Oeste, Sul e Sudeste será considerado o uso do sebo animal nestas regiões.



Figura 7.1: Matérias-primas potenciais para a produção de biodiesel brasileira. Elaboração própria a partir de (NAPPO, 2004; ARANDA, 2005a; PENTEADO, 2005; MACEDO, NOGUEIRA, 2005; JBIC, 2006).

Outra questão importante que deve ser analisada é a disponibilidade de novas terras agricultáveis para expansão destas culturas e também da cana-de-açúcar para a produção de etanol que também poderá ser utilizado na produção de biodiesel. Além disso, deve existir a infraestrutura para o processamento dos óleos e destilarias para o etanol. Na Figura 7.2, é mostrado um mapa com a área disponível para a expansão agrícola brasileira (NAPPO, 2004; MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

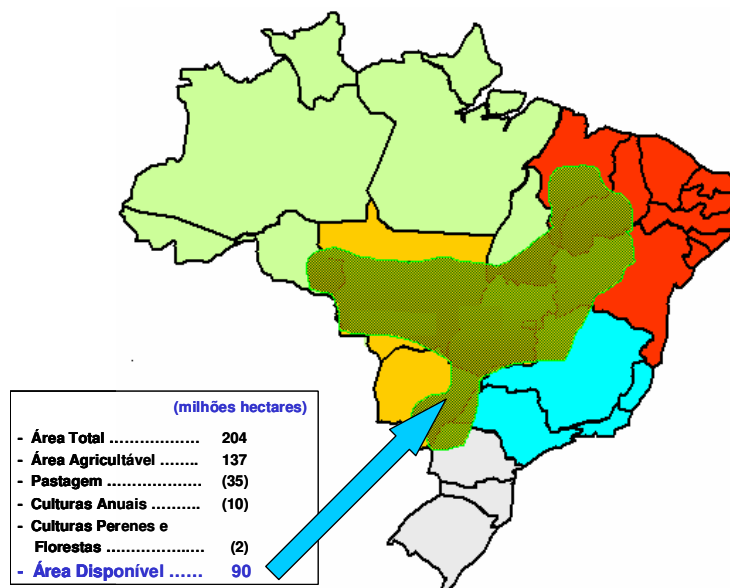


Figura 7.2: Área disponível para extensão da produção de oleaginosas no Brasil (NAPPO, 2004).

De acordo com a Figura 7.2, dos 204 milhões de hectares do território brasileiro 137 são constituídos por áreas agricultáveis. Destes 137 milhões de hectares, 47 são ocupados por pastagens, culturas perenes, florestas e culturas anuais; resultando numa área de expansão possível para grãos estimada em cerca de 90 milhões de hectares (NAPPO, 2004).

Além disso, existem áreas aptas para o plantio de dendê na Amazônia, estimadas em 70 milhões de hectares, dos quais cerca de 40% com alta aptidão. Existem também 20 milhões de hectares desmatados e sem uso atual na Amazônia, sendo 2,5 milhões localizados em terras já com infra-estrutura. É interessante observar também que 458 municípios do sertão nordestino estão aptos ao plantio da mamona (NAPPO, 2004; MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

A Tabela 7.3, mostra a expansão agrícola estimada nas diversas regiões do Brasil, para o suprimento do B5 a partir de 2013 (Lei 11.097/2005), com oleaginosas locais, de acordo com estudos da EMBRAPA. É interessante observar que são necessários cerca de 30 milhões de hectares para esta expansão, isto é, um terço do total da área disponível para a expansão, garantindo, portanto, a disponibilidade para a produção de alimentos.

Tabela 7.3: Expansão agrícola estimada para o suprimento de B5 (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

Região	Óleo vegetal para B5 (1.000 m ³)	Matéria-Prima	Área (1.000 ha)
Sul	7.200	Soja	600
Sudeste	15.840	Soja	1.320
Nordeste	5.400	Mamona	600
Norte	3.240	Dendê	35
Centro-Oeste	4.320	Soja	360
Total	36.000		2.916

A expansão do plantio de oleaginosas destinadas à produção de biodiesel deve ocorrer em paralelo com a expansão das plantas de extração de óleo. A organização destas plantas varia de acordo com o tipo de óleo a ser processado e a matéria-prima (JBIC, 2006).

Basicamente, o método de extração de óleo vegetal pode se dar de 3 maneiras: por pressão mecânica, por solventes ou por uma combinação dos dois processos anteriores. As opções são escolhidas de acordo com a matéria-prima a ser utilizada, como se observa na Tabela 7.4:

Tabela 7.4: Métodos de extração de óleo e material-primas aplicáveis (JBIC, 2006).

Método	Condições de Aplicação	Matéria-Prima Adequada
Pressão Mecânica	- Pequena/Média Capacidade (< 200t grãos/dia) - Material com Alto Teor de Óleo (>35%)	Mamona, Dendê
Solvente	- Grande Capacidade(>300t grãos/dia) - Material com Baixo Teor de Óleo(>25%)	Soja
Misto	- Pequena/Média Capacidade (< 200t grãos/dia) - Material com Teor de Óleo Médio a Alto (>25%)	Mamona, Girassol, Colza

A Figura 7.3 mostra como se distribui a capacidade de extração de óleo por região no Brasil atualmente. As plantas extratoras de óleo no Brasil utilizam principalmente a soja e sua capacidade de produção está ao redor de 112 toneladas por dia (JBIC, 2006).

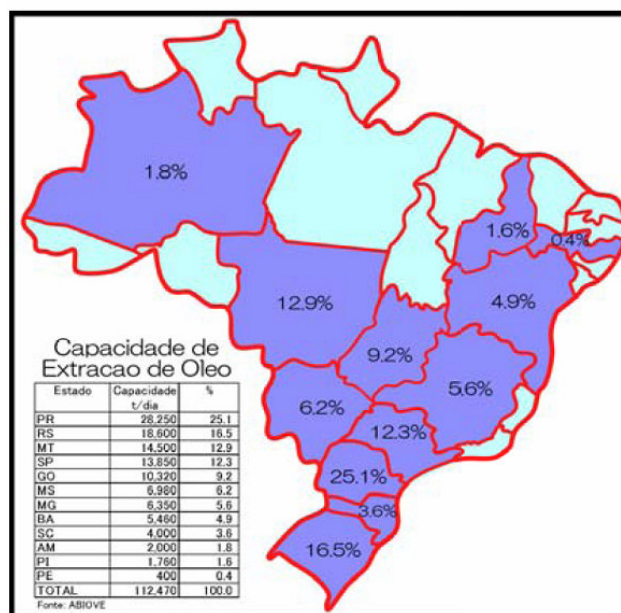


Figura 7.3: Distribuição por estado da capacidade de extração de óleo (JBIC,2006).

Espera-se que os valores mostrados na Figura 7.3 aumentem com a expansão do plantio de oleaginosas, principalmente nas regiões Norte e Nordeste onde se estima uma expansão do plantio de mamona; matéria-prima engajada nos programas de desenvolvimento social do governo brasileiro e de incentivos fiscais do Selo Combustível Social.

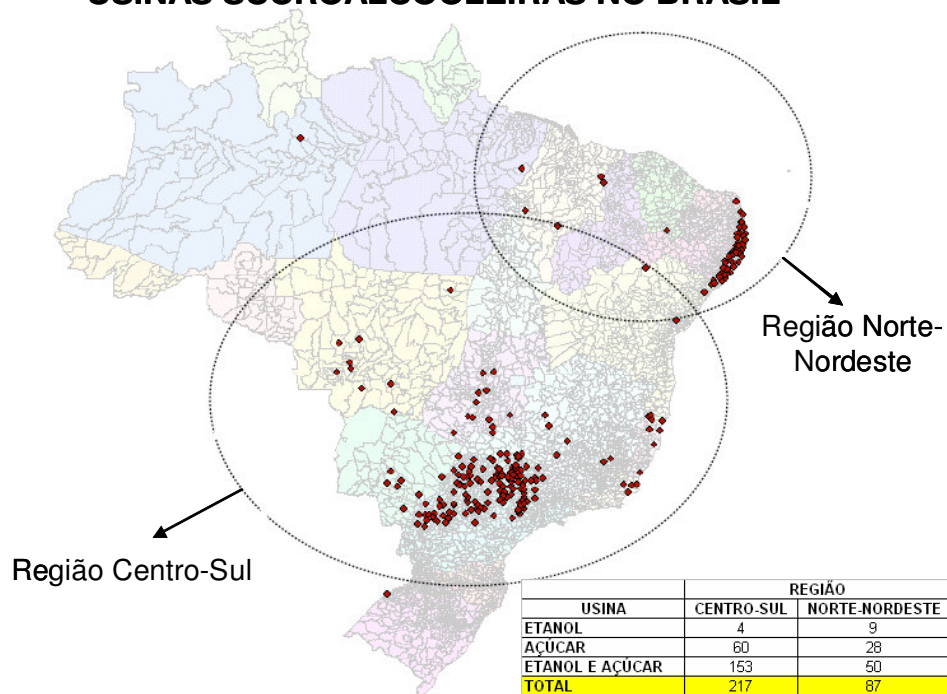
A cana-de-açúcar indiretamente é uma cultura que influenciará no setor de biodiesel, na medida que a mesma é a matéria-prima para a produção do etanol, provável insumo de muitas plantas de biodiesel brasileiras. Outra modalidade de produção inédita no mundo, e implementada recentemente no Brasil é a integração de uma usina sucroalcooleira, a uma unidade produtora de biodiesel. Em novembro de 2006, a Barralcool, usina sucroalcooleira localizada em Barra do Bugres, Mato Grosso, inaugurou uma planta produtora de biodiesel integrada a planta já existente. Esta integração resultou na redução dos custos de produção do biodiesel, tornando-o mais competitivo, principalmente devido à diminuição dos custos operacionais da planta e do etanol usado no processo (OLIVÉRIO, BARREIRA, RANGEL, 2007).

A produção de etanol iniciou-se na década de 70 com advento do PROÁLCOOL, e atualmente o Brasil é o maior produtor e exportador mundial do produto. Não cabe no escopo desta pesquisa estudar em detalhe o mercado sucroalcooleiro no Brasil, entretanto a seguir será feita uma breve análise da situação do setor.

O setor sucroalcooleiro está em expansão, hoje existem cerca de 89 projetos de usinas sucroalcooleiras em fase de aprovação e construção. Estas novas plantas vão reforçar o parque industrial instalado que já conta com cerca de 304 usinas. Na Figura 7.4 é

apresentada a distribuição destas usinas no Brasil e áreas disponíveis para a expansão das plantações de cana-de-açúcar (HORTA, 2006; STRAPASSON, 2006).

USINAS SUCROALCOOLEIRAS NO BRASIL



ÁREAS COM POTENCIAL DE EXPANSÃO PARA O CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR

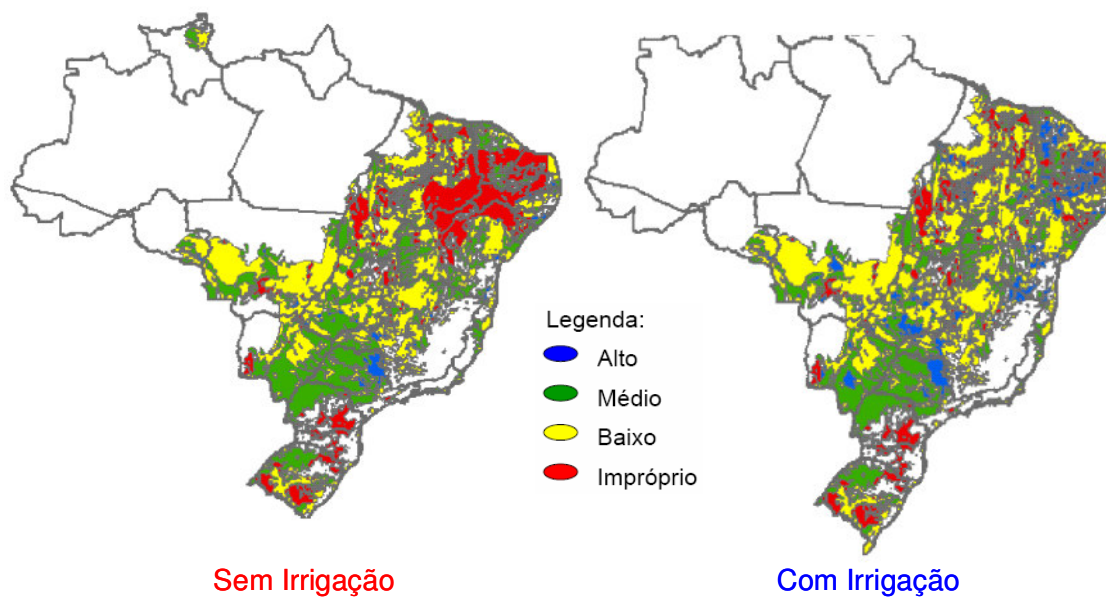


Figura 7.4: Usinas sucroalcooleiras no Brasil e áreas com potencial de expansão do cultivo de cana-de-açúcar. Elaboração própria a partir de (HORTA, 2006; STRAPASSON, 2006).

Atualmente, novas usinas já estão sendo construídas, principalmente, na região oeste do Estado de São Paulo onde a disponibilidade de áreas para a expansão do cultivo de cana-de-açúcar é também mais

favorável conforme mostrado na Figura 7.4. A infra-estrutura de exportação também vem recebendo investimentos. (SOUZA, 2006).

A seguir será feita uma análise detalhada de cada cultura potencial no contexto da produção do biodiesel: mamona, dendê, colza, soja e girassol. Além disso, será feita uma análise do mercado de sebo animal nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul.

7.2 MAMONA

A mamona, também conhecida como carrapateira, é uma oleaginosa de cultivo anual, adequada para temperaturas de 20 a 28 °C, resistente a secas, podendo ser cultivada em áreas com altitudes entre 300 e 1500 metros e índice pluviométrico de 600mm a 700mm anuais com chuvas apenas na sua fase vegetativa (MACEDO, NOGUEIRA, 2005; JBIC, 2006).

O cultivo da mamona é relativamente fácil e absorve grande quantidade de mão-de-obra durante a colheita, de maneira que é um produto que vem chamando a atenção do ponto de vista da inclusão e integração social, como o Selo Combustível Social (JBIC, 2006).

No Brasil é mais comum o cultivo da mamona com ciclo de 240 a 250 dias. A germinação se dá nos 5 primeiros dias e sua fase de crescimento se dá nos 50 dias posteriores. A seguir a planta entra na fase de florescimento e seu crescimento posterior depende de uma série de condições. O ciclo da mamona é ilustrado na Figura 7.5 (JBIC, 2006).

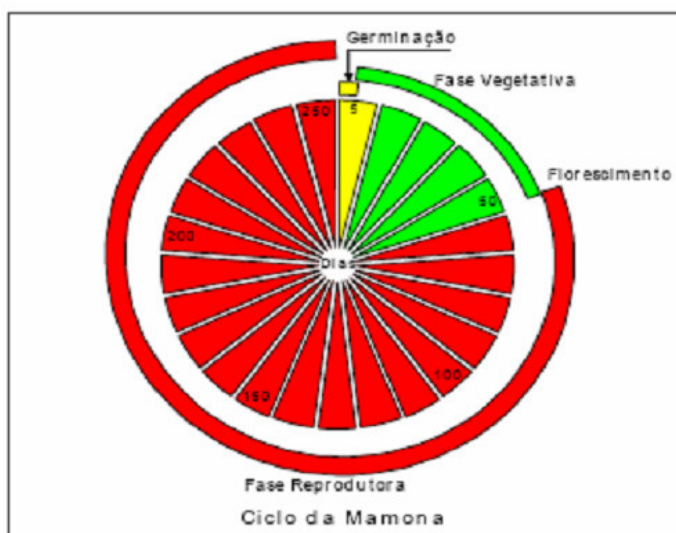


Figura 7.5: Ciclo de produção da mamona (JBIC, 2006).

Na espécie mais cultivada atualmente, os frutos não ficam maduros todos ao mesmo tempo, exigindo que o agricultor faça a colheita em diversas etapas. No caso desta variedade, a colheita deve ser manual. Estima-se que no caso de uma família dispor de 3 membros para

realizar os trabalhos, a área máxima na qual eles poderiam cultivar mamona seria de 3 a 4 hectares (JBIC, 2006).

Para resolver este problema a Embrapa desenvolveu uma variedade que chega à maturação em 140 dias, e com período de colheita simultâneo. Esta variedade melhorada permite a mecanização na colheita, possibilitando expandir a área de cultivo. Mesmo com estas melhorias as pesquisas para a otimização do cultivo da mamona estão em desenvolvimento, principalmente nas aplicações voltadas para a produção de óleo. (JBIC, 2006).

O método de extração de óleo da mamona é composto por um processo misto com uma etapa de prensagem mecânica e outra de aplicação de solvente. Na Figura 7.6 este processo é ilustrado (JBIC, 2006).

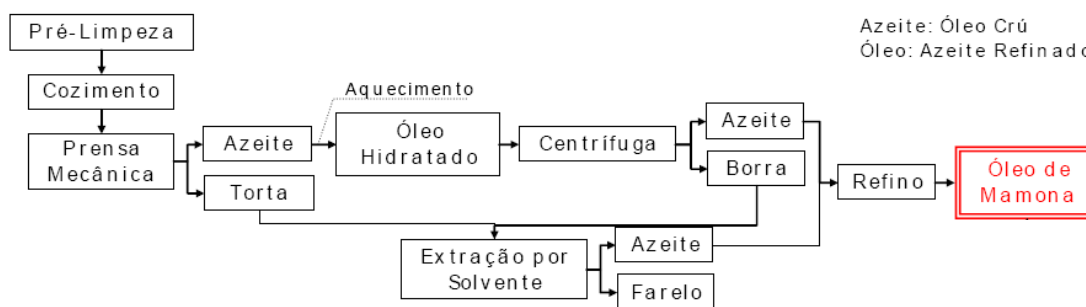


Figura 7.6: Processo de extração do óleo de mamona (JBIC, 2006).

De acordo com a Figura 7.6, as sementes de mamona, após passarem pela prensa mecânica, produzem o azeite e a torta. O azeite passa por um processo de centrifugação para se separar a borra. A torta passa por um processo de extração por solvente, obtendo-se desta forma o azeite. O azeite resultante de ambos os processos são refinados para chegar ao óleo de mamona (JBIC, 2006).

No Brasil, a mamona é cultivada principalmente no Sudeste, Centro-Oeste e no Nordeste, sendo a maior parte das plantações existentes nesta última região. Na Tabela 7.5 é mostrada a distribuição da produção pelo território brasileiro e a área plantada.

Tabela 7.5: Produção de mamona no Brasil (JBIC, 2006).

Estado	Quantidade Anual Produzida (toneladas)	Área Plantada (hectares)	Produtividade (toneladas de bagas por hectare)	Proporção do Total (%)
Bahia	73.624	125.508	1,2	93,3%
Mato Grosso	5.188	3.673	1,4	2,7%
Ceará	1.638	1.937	0,8	1,4%
Minas Gerais	1.281	1.253	1,0	0,9%
São Paulo	1.050	670	1,6	0,5%
Paraná	434	225	1,9	0,2%
Pernambuco	234	676	0,3	0,5%
Piauí	111	356	0,3	0,3%
Paraíba	62	92	0,7	0,1%
Mato Grosso do Sul	40	45	0,9	0,0%
Rio Grande do Sul	20	50	0,4	0,0%
Total no Brasil	83.682	134.485	0,6	100%

A produtividade anual da mamona é de 0,3 a 1,9 toneladas por hectare anuais, mas com a introdução de novas técnicas, será possível elevar para cerca de 2,0 toneladas por hectare (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

Na Tabela 7.5, percebe-se que a região Nordeste é responsável por 95,3 % da produção, seguido pelo Estado do Mato Grosso, com 2,7% e a região Sudeste com 1,6%. É interessante observar que a produtividade na região Nordeste é praticamente 60% menor que nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. Este fato se deve ao caráter artesanal e familiar do cultivo nordestino. A Figura 7.7 mostra a evolução das condições da produção de mamona.

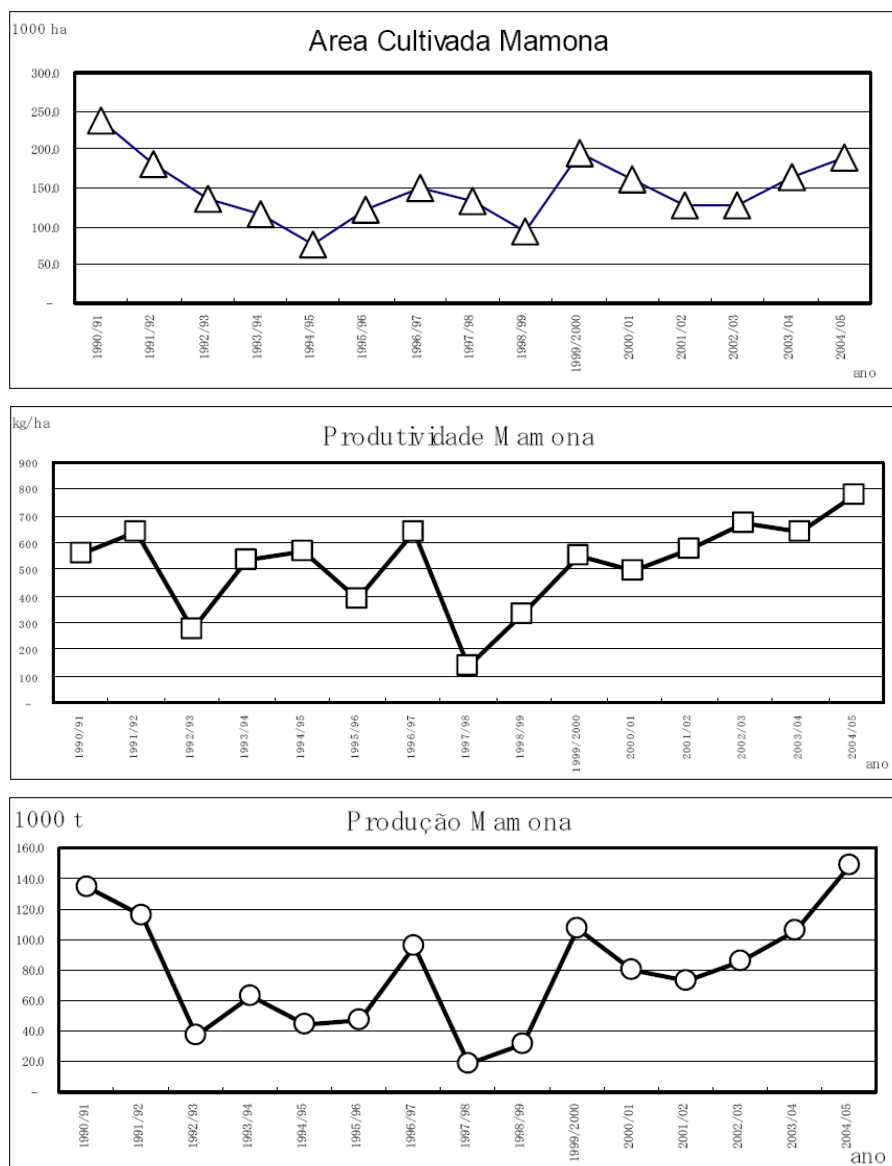


Figura 7.7: Condições de cultivo da mamona: área, produção e produtividade (JBIC, 2006).

No grupo de gráficos constituintes da Figura 7.6, é nítida a tendência de aumento dos indicadores de área, produção e produtividade da mamona nos últimos anos.

A mamona (fibras e óleo) é utilizada em vários ramos da indústria, dentre eles, pode-se citar as seguintes aplicações: fungicida, alimentos, fibra sintética, papel, plástico, borracha, cosmético, produtos elétricos, farmacêutico, solvente de tinta, lubrificante, fertilizantes etc. Recentemente com o advento da indústria de biodiesel, o óleo de mamona está sendo cotado como uma matéria-prima importante para a fabricação daquele (JBIC, 2006).

Dentro da estrutura de custo de produção da mamona, a maior parte está representada pelos custos de mão-de-obra e máquinas. Isto pode ser verificado na Tabela 7.6 que mostra os custos referentes ao plantio de mamona na Bahia.

Tabela 7.6: Extrato de custos e rentabilidade do plantio de mamona na Bahia. Elaboração própria a partir de (JBIC, 2006).

1- Composição de Custos para a Produção de Mamona - Sistema de Cultivo Comercial	
Valores de Referência	
Produtividade em toneladas por hectare	1,20
Preço de venda em R\$ por tonelada	750,00
Item	Custo de Produção (R\$/hectare)
Insumo	56,50
Máquinas	202,50
Mão de obra	357,50
Processamento	72,30
Custos de Produção Total (R\$/hectare)	688,80
2- Rentabilidade da Mamona por hectare	
Colheita projetada (tonelada por hectare)	1,20
Preço ao Produtor em (R\$ por tonelada)	750,00
Renda Bruta em (R\$ por hectare)	900,00
Custo de Produção (R\$ por hectare)	688,80
Renda Líquida (R\$ por hectare)	211,20

Os custos das sementes, do adubo e dos defensivos agrícolas não são muito elevados. A mão-de-obra contratada e uso de máquinas são utilizadas geralmente em grandes plantações comerciais; mas mesmo os pequenos produtores que não possuem muito capital podem cultivar a mamona na medida que o manejo destes cultivares é baseado nos modelos de agricultura familiar principalmente no Nordeste.

Porém, ao se considerar uma colheita projetada de 1,2 toneladas por hectare, a renda líquida obtida é bastante reduzida, cerca de R\$ 211,20 por hectare. A produtividade obtida nas zonas de produção existentes atualmente é de cerca de 0,6 toneladas por hectare como visto na Tabela 7.5, e a sua rentabilidade é irrisória.

Para promover o cultivo da mamona, a partir de agora será preciso ao menos que se preste assistência técnica aos produtores para que eles possam projetar seu volume de colheita e introduzir variedades que possibilitem uma maior produtividade por hectare.

O cultivo da mamona, mesmo não sendo rentável e tendo baixo valor de mercado, cumpre um papel importante como fonte de emprego nas zonas rurais, principalmente nos Estados da Bahia e Ceará (JBIC, 2006).

De fato, a mamona tem sido indicada como uma das poucas opções agrícolas rentáveis para as regiões árida e semi-árida do Nordeste. O zoneamento concluído recentemente pela Embrapa indica que há 458 municípios no Nordeste aptos para produzir mamona, dos quais 189 são da Bahia. A severa limitação de variedades disponíveis indica que com um esforço importante no desenvolvimento de novas variedades, novas áreas poderiam ser agregadas. Isto seria essencial para garantir um programa de porte adequado no futuro (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

Por outro lado, as escalas de produção para sistemas que visem um programa agressivo de produção de biodiesel serão muito maiores. Considerando-se, por exemplo, um programa para apenas 1% de substituição de diesel no país por mamona (B1), seria necessário multiplicar por oito a produção atual. Certamente isto é possível após a resolução de alguns problemas, mas, neste caso, o programa visaria muito mais a atender aos importantes aspectos sociais do que às necessidades de energia (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

Além disso, como mostrado na Tabela 7.5, o Mato Grosso e a região Sudeste, mesmo possuindo uma pequena participação na produção brasileira de mamona, têm elevada produtividade, constituindo-se em áreas potenciais para a expansão desta cultura. A maior eficiência na produção destas regiões está ligada à tecnologia e mecanização utilizada nas plantações, característica não verificada nas propriedades familiares nordestinas. Neste caso a elevação dos custos de produção em relação ao modelo de agricultura familiar é compensada pelo alto rendimento por hectare da cultura (MACEDO, NOGUEIRA, 2005; PENTEADO, 2005; JBIC, 2006).

De qualquer forma, com o objetivo de produzir óleo, a mamona é a matéria-prima mais adequada para a região do semi-árido nordestino, pelas razões abaixo relacionadas (PENTEADO, 2005):

- a) a mamoeira se adapta muito bem com o clima e às condições de solos do semi-árido; muito pobres e secos.
- b) estudos realizados pelo CNPA – Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, da Embrapa, em Campina Grande, está disponibilizando cultivares que apresentam altas produtividades (até 2,0 toneladas de semente por hectare).
- c) a lavoura da mamona se presta para a agricultura familiar, podendo apresentar economia elevada.
- d) a torta resultante da extração do óleo de mamona se apresenta como adubo de excelência, encontrando aplicações na fruticultura, horticultura e floricultura, atividades importantes e crescentes nos perímetros irrigados nordestinos.

e) a lavoura de um hectare de mamona pode absorver até 8 toneladas de gás carbônico da atmosfera, contribuindo de forma relevante para o combate do efeito estufa.

f) a parceria dos pequenos agricultores com usinas de processamento de óleo e de biodiesel é favorecida por programas governamentais e incentivos fiscais como o Selo Combustível Social (CARMÉLIO, 2006).

As premissas anteriores revelam o grande potencial nordestino em sustentar um programa de assentamentos familiares com foco na cultura da mamona, através da participação do mercado de biodiesel emergente. O sucesso deste programa também dependerá da implantação de uma base instalada de usinas de processamento do produto que deverá ser viabilizada através da parceria e organização dos assentados com a iniciativa privada.

A região semi-árida nordestina, possui mais de 2 milhões de famílias de baixa renda que, habitualmente convivem com a fome e que se tornam, periodicamente, flagelados das secas. Portanto, a grande e forte motivação para um programa de biodiesel no Nordeste reside na miséria, isto é, na possibilidade de erradicar ou diminuir a miséria do campo através da ocupação com renda digna, em assentamentos familiares (PENTEADO, 2005).

7.3 DENDÊ

O dendê, também conhecido como palma, é um cultivo tropical permanente que deve ser desenvolvido em zonas com temperatura média anual acima dos 24 °C, índice pluviométrico anual maior que 2.000mm, insolação de mais de 1.500 horas ao ano, sendo que as áreas de cultivo devem ter boa drenagem, solo espesso e plano. Este é um cultivo que pode durar até 25 anos (PENTEADO, 2005; JBIC, 2006).

O cultivo de mudas de dendê requer um período de um ano, e a fase de desenvolvimento se dá em 3 anos, o que significa que do plantio até a primeira colheita, é necessário um total de 4 anos. Seu cultivo comercial se inicia a partir do quarto ano, ou seja, 7 anos até se obter uma produção estabilizada. A partir do oitavo ano até o décimo sexto ano, atinge sua produção máxima, declinando a partir do décimo sétimo ano e passando 25 anos, já não é possível obter uma produção comercial. A Figura 7.8 mostra o ciclo de produção do dendê (PENTEADO, 2005; JBIC, 2006).

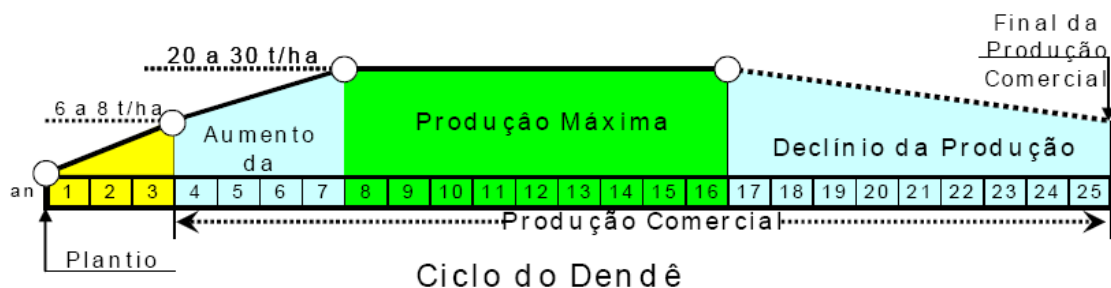


Figura 7.8: Ciclo de produção do dendê (JBIC, 2006).

O dendê pode ser colhido durante todo o ano, mas a mecanização da colheita é bastante difícil. Em um cacho de dendê se encontram aproximadamente 100 cocos de 4 a 5 cm, e seu peso varia 20 a 50 quilos. Cada árvore pode ter de 7 a 8 cachos, pegados ao tronco em uma altura aproximada de 4 a 6 metros do solo. Para colher o cacho inteiro, sem machucar o tronco ou as folhas, é necessário utilizar um cabo comprido com uma faca afiada na ponta. Este processo dificulta a mecanização da colheita do dendê (JBIC, 2006).

É interessante observar que dos cachos de dendê, pode-se extrair óleo das amêndoas e dos ramos, chamados de metacarpos. A Figura 7.9 ilustra este processo que se inicia com a esterilização dos cachos da palmeira. Uma vez esterilizado, os cachos devem ser cozidos para serem debulhados e passam pelo processo de prensagem. O azeite do metacarpo e da amêndoa são extraídos por processos separados. O azeite extraído do metacarpo é o óleo de palma e o azeite extraído da amêndoa é chamado óleo de palmiste. A quantidade de óleo de palma que pode ser extraída é muito maior que o óleo de palmiste. Neste trabalho os dois tipos de óleo serão chamados de óleo de dendê (JBIC, 2006).

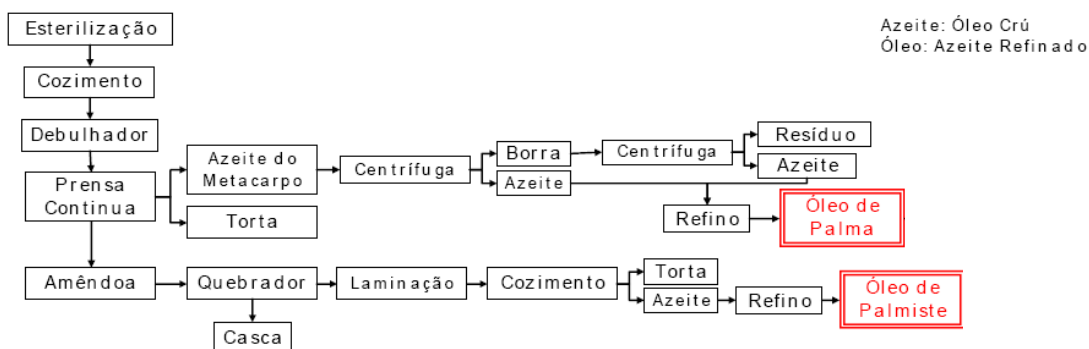


Figura 7.9: Método de extração de óleo de dendê (JBIC, 2006).

Em 2002, a produção mundial de óleo de dendê atingiu 25,4 milhões de toneladas, cinco vezes maior que a de 1980. Este aumento se mantém nos últimos anos, com forte tendência para que o óleo de dendê ultrapasse o de soja no final da década. No conjunto, a demanda por óleos vegetais, principalmente de soja e dendê, é bem maior do que o crescimento populacional no mundo, notadamente na China e Índia (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

O Brasil produz somente cerca de 0,5% do total mundial, embora seja freqüentemente citado como possuidor do maior potencial de áreas com aptidão agrícola do mundo. No Brasil, as áreas potenciais de cultivo estão na região Norte e na costa do litoral baiano. Como referência, o primeiro produtor, a Malásia, usa 3,3 milhões de hectares para produzir 11,2 milhões de toneladas de óleo. O Brasil, com cerca de 0,08 milhões de hectares, produz 0,10 milhões de toneladas de óleo. Outros grandes produtores são a Indonésia e a Colômbia (MACEDO, NOGUEIRA, 2005; JBIC, 2006).

Mesmo com pequena participação na produção mundial, a tecnologia brasileira no manejo agrícola é muito respeitada, a mesma é utilizada em plantios em todo o mundo. Estas considerações indicam que o dendê, independente de programas para biocombustíveis, deve merecer atenção especial ao se planejar o desenvolvimento na Amazônia (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

Neste íterim pode-se destacar que a região Amazônica não possui vocação para as culturas temporárias, uma vez que o solo fértil é de pequena profundidade, e a elevada taxa pluviométrica ocasiona excessiva erosão, entre outros danos (PENTEADO, 2005).

Por outro lado a região Amazônica tem a característica de apresentar bons resultados na produção de dendê, com algumas plantações com produção que atingem de 3000 a 5000 quilos de óleo por hectare por ano (PENTEADO, 2005).

Além disso, é importante lembrar que a maior parte de energia utilizada na região amazônica é oriunda do óleo diesel, e que o custo dos transportes de óleo diesel para tais localidades remotas é muito elevado, chega a valer até 3 vezes o valor original do combustível. Desta forma a produção de biodiesel a partir do dendê numa primeira análise será competitiva com o óleo diesel mineral. (PENTEADO, 2005).

Na Tabela 7.7 são mostrados os dados da produção de dendê no Brasil.

Tabela 7.7: Principais estados produtores de dendê no ano de 2003 (JBIC, 2006).

Estado	Colheita (toneladas)	Área Cultivada (hectares)	Produtividade (toneladas por hectares)	Porcentagem da Área Total Cultivada
Pará	729.001	44.463	16,40	81,33%
Bahia	167.111	41.466	4,03	18,64%
Amazonas	183	61	3,00	0,02%
Total do Brasil	896.295	85.990	10,42	100%

O dendê é cultivado principalmente nos Estados do Pará e da Bahia, e em 2003, ocupava uma área aproximada de 86 mil hectares em todo o país (JBIC, 2006).

O Estado do Pará é o maior produtor de dendê no Brasil e sua produtividade, comparada à de outros Estados, também é mais elevada, 16,40 toneladas por hectare. A Figura 7.10, a seguir, mostra a evolução das condições da produção de dendê (JBIC, 2006).

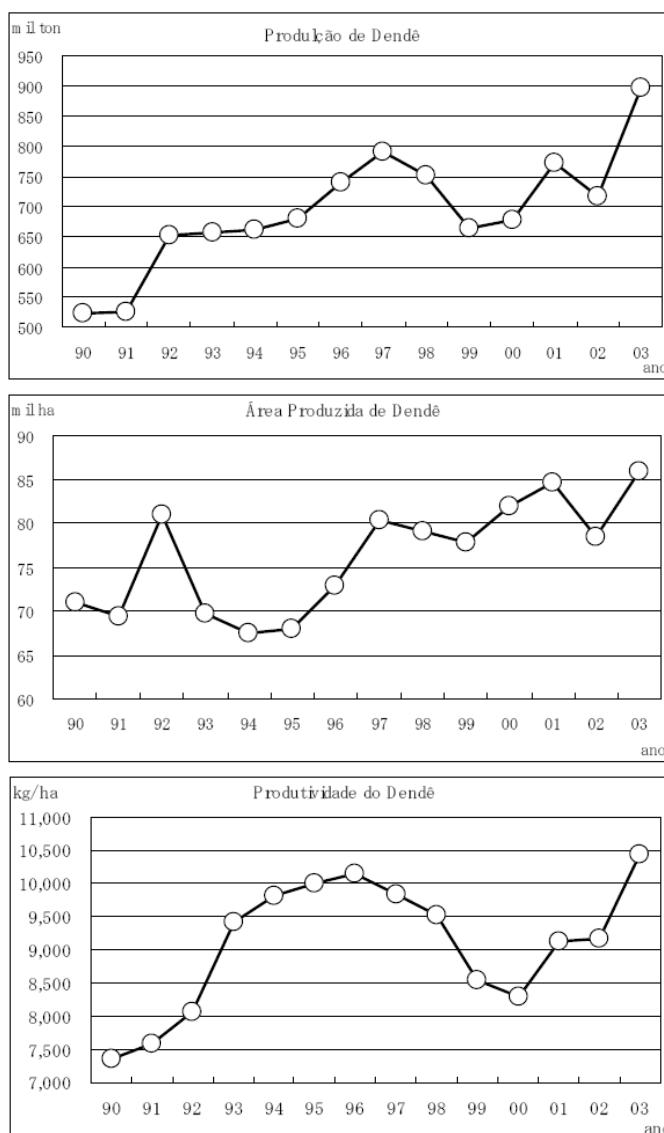


Figura 7.10: Condições de cultivo do dendê: área, produção e produtividade (JBIC, 2006)

No grupo de gráficos constituintes da Figura 7.10 é nítida a tendência de aumento dos indicadores de área, produção e produtividade do dendê nos últimos anos.

Praticamente, 70% da produção do óleo de dendê é utilizada na culinária, como óleo para consumo alimentício e na fabricação de margarinas. O restante é utilizado na fabricação de estearina e oleína. Os resíduos são utilizados na ração para animais domésticos (MACEDO, NOGUEIRA, 2005; JBIC, 2006).

A primeira colheita do dendê se dá três anos após o plantio, e o custo inicial de produção é bastante elevado. Na Tabela 7.8 são mostrados os custos de produção do dendê (JBIC, 2006).

Tabela 7.8: Custo de produção do dendê em R\$/hectare (JBIC, 2006).

Item	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano	6º Ano	Após 7º Ano
Mudas	1.015						
Preparo Solo	200						
Fertilizante	500	700	700	800	900	1.000	1.000
Defensivos	50	40	40				
Mão-de-Obra	40		40	80	160	250	300
Processamento Pós-Colheita				200	400	625	750
Total	1.805	740	780	1.080	1.460	1.875	2.050

São necessários 3 anos desde seu plantio até a produção. Para aumentar o volume colhido de dendê, se necessita aproximadamente R\$ 1.000/hectare de adubo anualmente. A rentabilidade do dendê, para uma família produtora, desde seu plantio até a venda da produção na planta, é mostrado na Tabela 7.9.

Tabela 7.9: Renda do cultivo de dendê (JBIC, 2006).

Item	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano	6º Ano	7º Ano	8º a 16º Ano	17º a 25º Ano
	Época de Plantio			Período de Aumento da Produção				Prod. Máx.	Diminuição da Produção
	Produção Comercial								
Colheita Projetada (t/ha)	-	-	-	8	16	25	30	30	30~8
Renda Bruta (R\$/ha)	-	-	-	1.224	2.448	3.825	4.590	4.590	
Custo Produção (R\$/ha)	1.805	740	780	1.080	1.460	1.875	2.050	2.050	
Renda Líquida (R\$/ha)	-1.805	-740	-780	144	988	1.950	2.540	2.540	
Acumulado (R\$/ha)	-1.805	-2.545	-3.325	-3.181	-2.193	-243	2.297		

Obs.: Preço ao produtor utilizado foi de R\$153,00/t. Não foi incluído custo de financiamento a produção

Como se pode observar da Tabela 7.9, somente no sétimo ano é possível recuperar o capital investido. Para que um pequeno produtor possa cultivar o dendê, é preciso apoiar o produtor com o capital operacional e para compra de adubos até que se possa iniciar a produção comercial.

O custo médio de produção no Brasil é ainda maior quando comparado com os maiores do mundo, Malásia, Indonésia e Colômbia, mais por diferenças nas taxações de produtos e serviços. Por exemplo, os encargos trabalhistas: na Malásia essas taxações incidem cerca de 50% sobre o salário; na Indonésia 30%; Colômbia, 60%; e no Brasil, acima de 100%. São relevantes, ainda, os custos de adubação e impostos diretos sobre o produto. Na comparação dos custos sem taxas o dendê brasileiro é extremamente competitivo (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

Os principais problemas a serem superados para a expansão da produção do óleo de dendê em escala industrial estão abaixo relacionados (PENTEADO, 2005, JBIC, 2006):

- a) a área apropriada ao seu cultivo se restringe àquelas com abundantes chuvas;
- b) o óleo deve ser extraído dentro das 24 h após sua colheita;
- c) deve haver uma integração entre o agricultor e as indústrias de extração; na medida que o dendê não pode ser conservado, deve ser transportado imediatamente aos armazéns para que o óleo possa ser extraído dentro das 24 horas depois de colhido. Por este motivo é necessário que as plantações se encontrem perto das plantas de processamento;
- d) do plantio, até a primeira colheita, são necessários 3 anos;
- e) o custo de investimento inicial é bastante elevado e é preciso aguardar 6 anos para recuperar o capital e 7 para começar a ter renda;
- f) a colheita é manual, e o transporte do produto colhido depende do homem ou de animais de carga;
- g) a extração do óleo depende muito do grau de maturação do fruto exigindo que a colheita se dê apenas e na época mais adequada a cada cacho. Porém, o dendê pode ser colhido durante todo o ano;
- h) como deve haver plantas processadoras perto das áreas de cultivo, estas se tornam ainda mais limitadas.

Mesmo com essas dificuldades para a região Norte, o dendê é a matéria-prima mais viável, levando-se em conta as técnicas e necessidades de cultivo e fatores econômicos. Como exemplo de sucesso pode-se citar a Agropalma que é uma usina produtora de biodiesel localizada em Belém no Estado do Pará que utiliza o óleo de dendê (ARANDA, 2005a).

Basicamente os maiores problemas se referem às limitações de tempo inerentes às culturas permanentes, pois é requerida a realização de investimentos que somente começam a retornar após sete anos, contados a partir do plantio. A contrapartida deste ponto crítico, no entanto, o retorno é garantido (PENTEADO, 2005; JBIC, 2005).

7.4 COLZA

No Brasil são cultivadas diversas variedades de colza, inclusive a canola, desenvolvida originalmente no Canadá. Os principais países produtores de colza são a Europa, a China, o Canadá, a Índia e os Estados Unidos (JBIC, 2006).

A semente de colza contém 40% de conteúdo oleaginoso e sua produtividade média é de 1,5 toneladas por hectare, com potencial de chegar até a 2,4 toneladas por hectare (JBIC, 2006).

O ciclo de cultivo da colza é mostrado na Figura 7.11. O plantio se dá a partir de meados de maio até a segunda quinzena de junho e dependendo das variedades existentes, sua colheita se dá entre 120 a 160 dias a partir de seu plantio (JBIC, 2006).

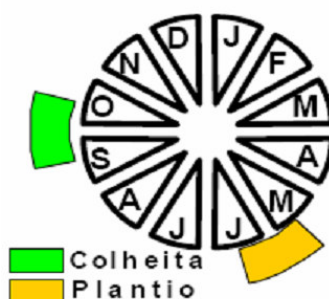


Figura 7.11: Ciclo de produção da colza (JBIC,2006).

A colza, cultivada na região Sul do Brasil, é resistente às geadas que ocorrem no período de crescimento, a partir de maio, mas não resiste bem ao granizo e às altas temperaturas, fator prejudicial, se o florescimento for tardio e atingir o mês de novembro, quando ocorrem as tempestades e a temperatura tende a subir (JBIC, 2006).

O processo de extração do óleo de colza é ilustrado na Figura 7.12. Para a extração do óleo, a colza já processada necessita passar por um processo de cozimento prévio. O azeite obtido após a etapa de prensagem, quando refinado, resulta no óleo de colza. O azeite que sobra na torta é extraído com a utilização de solventes (JBIC, 2006).

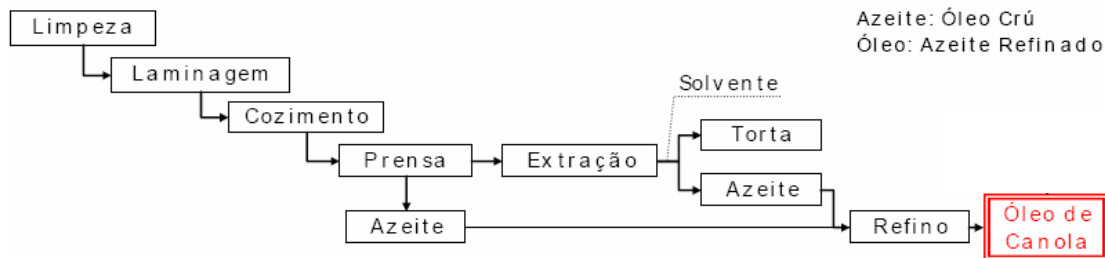


Figura 7.12: Método de extração de óleo de colza (JBIC, 2006).

O óleo de colza pode ser aproveitado na fabricação de óleo de cozinha e lubrificantes, assim como pode ser utilizado no processo de fabricação de pranchas de aço inoxidável, de sabões e detergentes; a torta pode ser aproveitada como ração para animais e como adubo (JBIC, 2006).

O cultivo de colza é feito em pequenas proporções na região Sul. O governo federal começou a atualizar dados estatísticos somente a partir de 2005, portanto não estão disponíveis até o momento de realização desta pesquisa (JBIC, 2006).

Ainda não foram feitas pesquisas relativas às técnicas de cultivo e assim, os dados relacionados a custo de produção e rentabilidade não estão ordenados (JBIC, 2006).

No Brasil, as pesquisas relacionadas com a colza ainda estão atrasadas, por isso sua produtividade é bastante reduzida. Experimentos apontam que se pode obter uma produtividade de 2 toneladas por hectare mas os produtores individuais estão alcançando somente de 700 a 800 quilos por hectare. A oferta de sementes também é escassa e alguns produtores dependem da importação, encarecendo desta maneira os custos de produção (JBIC, 2006).

7.5 SOJA

A soja, originalmente de clima temperado, foi tropicalizada e hoje pode ser plantada no Brasil em qualquer latitude, com limitações apenas em ambientes adversos como a caatinga, ou a preservar, como a Amazônia e o Pantanal, ou áreas com excesso de declividade (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

Em linhas gerais, a soja cultivada divide-se em duas variedades: uma apropriada para o Norte e Nordeste e a outra para o Centro-Oeste e Sudeste. Estas se dividem em colheita precoce, média e tardia (JBIC, 2006).

Na Figura 7.13, é mostrado um esquema das épocas apropriadas para a colheita e o plantio recomendadas pela Embrapa. Como se pode observar, o período de plantio vai de outubro a dezembro e o período de colheita vai de fevereiro a maio (JBIC, 2006).

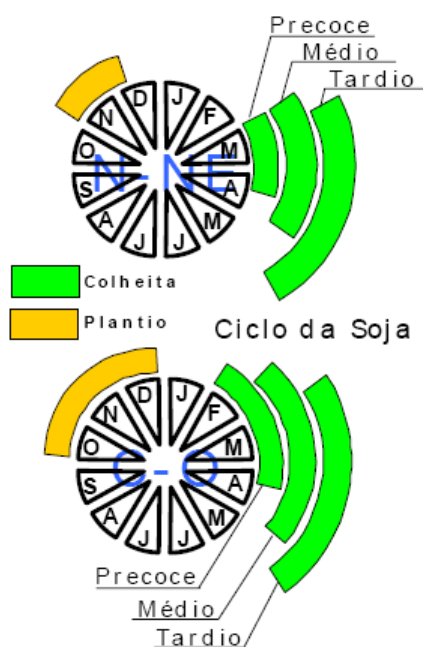


Figura 7.13: Ciclo da soja. O primeiro gráfico mostra o ciclo da variedade cultivada na região Norte-Nordeste; o segundo mostra o ciclo da variedade Centro-Oeste e Sudeste (JBIC, 2006).

O método de extração de óleo de soja é muito simples, inicia-se com a limpeza para passar ao descasque, e à extratora. O teor do óleo é de 18 a 20% do peso dos grãos. A Figura 7.14 mostra o processo de extração do óleo de soja (MACEDO, NOGUEIRA, 2005; JBIC, 2006).

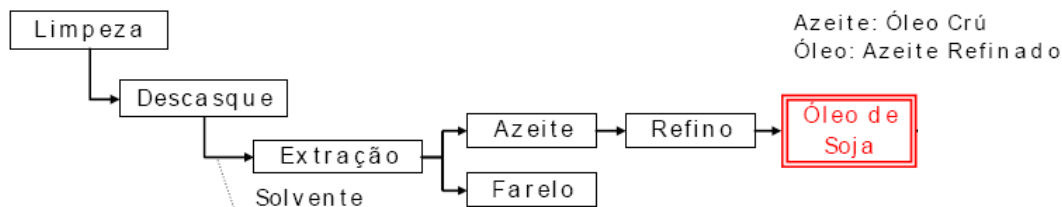


Figura 7.14: Método de extração de óleo de soja (JBIC, 2006).

A produção mundial de soja em 2006 foi de 227 milhões de toneladas, ocupando lugar dentre as 15 maiores culturas agrícolas. (EMBRAPA, 2007).

Em 2006, para a produção de 52,5 milhões de toneladas de soja, com produtividade de 2,4 toneladas por hectare, a parcela convertida em óleo resultou em 5,7 milhões de toneladas. A utilização de B5 em todo o diesel no Brasil, se baseada em soja apenas, utilizaria cerca de 9 milhões de toneladas de grãos em 3 milhões de hectares para 1,8 milhões de m³ de óleo. Resultaria também em 7,2 milhões de toneladas de torta (MACEDO, NOGUEIRA, 2005; ABIOVE, 2007; IBGE, 2007).

As limitações climáticas, edáficas e sanitárias para expansão da soja, ocorrendo a taxas consideradas exequíveis ou razoáveis, no horizonte dos próximos 20 anos, são possíveis de serem superadas tecnologicamente. Deve-se buscar continuar na vanguarda de tecnologia, garantindo a competitividade da cultura e a sua sustentabilidade (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

O Brasil é praticamente auto-suficiente no desenvolvimento tecnológico para a cultura da soja em regiões subtropicais e tropicais. A continuidade desta situação é necessária para manter-se na liderança da produção mundial (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

Quanto aos sistemas de produção, cerca de 60% da soja no Brasil utiliza o plantio direto. Há variantes importantes nos sistemas usados, em função de diferenças em topografia, escalas de produção, tipo de solos, e forma de comercialização, se de cooperativas ou *tradings* (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

A produção de soja se incrementou rapidamente a partir dos anos 70, com os incentivos dados aos agricultores para estimular a produção em larga escala, visando as exportações. Também as indústrias de beneficiamento realizaram um esforço para fabricar óleo de soja adequado ao gosto do consumidor ampliando o mercado (JBIC, 2006).

No início a produtividade era de 1,5 toneladas por hectare, mas durante estas 3 últimas décadas, a produtividade dobrou, tornando-se um produto muito competitivo no mercado internacional. A Tabela 7.10 mostra a produtividade de soja por hectare nas várias regiões do Brasil (JBIC, 2006).

Tabela 7.10: Condições de cultivo da soja nas principais áreas produtoras em 2006 (IBGE, 2007).

Estado	Produção (toneladas)	Área Cultivada (ha)	Produtividade (kg/ha)
MT	15.594.221	5.811.907	2.683
PR	9.362.901	3.931.721	2.381
GO	6.017.719	2.492.760	2.414
RS	7.559.291	3.863.726	1.956
MS	4.153.542	1.903.852	2.182
Outros	9.776.966	4.043.383	4.851
Brasil	52.464.640	22.047.349	2.380

Existem cerca de 100 milhões de hectares aptos à expansão da agricultura de espécies de ciclo anual, como é o caso da soja. Adicionalmente, estima-se uma liberação potencial de área equivalente àquela plantada no momento com soja, com a elevação do nível tecnológico na pecuária (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

A área cultivada se ampliou rapidamente a partir de 2000, especialmente no período de 2000 a 2004, ampliando-se a mais 9,4 milhões de hectares. Dentro deste contexto, a região que apresentou a maior taxa de crescimento foi a região Centro-Oeste. A Tabela 7.11 ilustra o crescimento das áreas plantadas (JBIC, 2006).

Tabela 7.11: Variação da área cultivada de soja em milhares de hectares (JBIC, 2006; IBGE, 2007).

Região	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Norte	21	7	25	47	50	60	92	141	210	344	470	514	508
Nordetse	576	532	594	729	773	851	963	1.125	1.241	1.323	1.437	1.441	1.488
Centro-Oeste	4.560	3.695	3.984	5.060	4.955	5.395	5.760	6.971	8.048	9.568	10.602	10.854	10.263
Sudeste	1.164	1.092	1.098	1.131	1.098	1.153	1.172	1.286	1.489	1.827	1.869	1.900	1.662
Sul	5.358	5.338	5.681	6.190	6.119	6.050	5.984	6.806	7.487	8.214	8.506	8.239	8.127
Brasil	11.679	10.663	11.381	13.158	12.995	13.508	13.970	16.329	18.475	21.276	22.884	22.948	22.048
Aumento		-1.016	718	1.777	-163	513	462	2.359	2.146	2.801	1.608	64	-900
% Aumento		-8,70	6,73	15,61	-1,24	3,95	3,42	16,89	13,14	15,16	7,56	0,28	-3,92

O volume de produção da soja, tal como a superfície cultivada se incrementou rapidamente a partir de 2000, passando de 32 milhões para 40 milhões de toneladas em 2002, chegando a 52 milhões de toneladas em 2003. Em 2004 a produção caiu 4,32%, voltando a aumentar em 2005, atingindo em 2006 a marca de 52 milhões de toneladas novamente. A Tabela 7.12 ilustra esta tendência ao longo dos anos (JBIC, 2006; IBGE, 2007).

Tabela 7.12: Variação da produção de soja em milhares de toneladas (JBIC, 2006; ABIOVE, 2007; IBGE, 2007).

Região	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Norte	59	46	14	29	100	123	151	217	369	558	891	1.384	1.262
Nordeste	1.018	1.268	922	1.300	1.561	1.610	2.064	2.076	2.096	2.519	3.539	3.960	3.468
Centro-Oeste	9.907	10.085	8.846	10.438	12.890	13.356	14.945	17.002	20.396	23.533	24.613	28.653	25.911
Sudeste	2.499	2.366	2.275	2.498	2.496	2.757	2.570	2.874	3.452	4.068	4.474	4.641	4.102
Sul	11.575	12.170	11.133	11.895	14.324	12.919	12.615	16.264	15.604	21.341	16.253	12.544	17.721
Brasil	25.059	25.934	23.190	26.160	31.370	30.765	32.345	38.432	41.917	52.018	49.770	51.182	52.464
Aumento		875	-2.744	2.970	5.210	-605	1.580	6.087	3.485	10.101	-2.248	1.412	1.282
% Aumento		3,49	-10,58	12,81	19,92	-1,93	5,14	18,82	0,08	24,10	-4,32	2,84	2,50

Analisando-se os dados da Tabela 7.12, verifica-se que as regiões Centro-Oeste, Sul lideram a produção, sendo a soja uma cultura recomendada para a produção de biodiesel nestas regiões.

Os custos de produção da soja nas principais regiões produtoras no Brasil são apresentados na Tabela 7.13.

Tabela 7.13: Custo de produção da soja no ano de 2005/2006 (JBIC, 2006).

Local Produtividade (kg/ha)	(Preço de 30/06/2005)							
	MS(1) 3.000	MG 2.700	MS(2) 2.400	MT(1) 3.000	MT(2) 3.000	PR(1) 2.400	PR(2) 3.000	RS 2.340
Item	(R\$/ha)	(R\$/ha)	(R\$/ha)	(R\$/ha)	(R\$/ha)	(R\$/ha)	(R\$/ha)	(R\$/ha)
Despesas Agrícola	910,74	991,41	778,81	795,44	847,60	653,54	710,82	532,91
Despesas Pós-colheita	97,23	129,36	91,63	127,46	111,46	98,90	117,37	103,68
Despesa Financeira	26,64	25,10	47,97	60,35	55,54	48,61	23,01	19,29
Depreciação	141,85	178,72	128,99	206,47	430,43	163,14	154,40	171,69
Encargos Sociais, etc.	41,94	57,12	26,03	32,08	52,24	46,86	40,89	53,88
Outros	146,37	372,15	112,29	95,63	107,62	204,10	201,27	202,85
TOTAL	1.364,77	1.753,86	1.185,72	1.317,43	1.604,89	1.215,15	1.247,76	1.084,30

Como se pode observar na Tabela 7.13, o custo médio de produção de soja é de R\$ 1.346,74 por hectare, sendo que aproximadamente 66% se destinam a gastos com adubo, defensivos agrícolas e maquinarias e apenas 8% são custos gerados com a mão-de-obra (JBIC, 2006).

A variação de custos por região ocorre em função dos aspectos relacionados com arrendamento da terra e controle da ferrugem asiática, o que permite rentabilidade da ordem de 30% a 40%. Custos históricos de produção são de US\$ 150 a 250 por tonelada. É difícil fazer projeções de custos futuros, destacando a influência da taxa de câmbio no custo de insumos (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

A cultura de soja requer máquinas agrícolas de grande porte, é altamente mecanizada e, portanto, absorve pouca mão-de-obra. Nesse contexto, a participação de pequenos produtores é bastante difícil (JBIC, 2006).

Outra questão influente no custo é o armazenamento da produção. A soja pode ser armazenada em sacas, ou a granel em silos. A capacidade de armazenamento em cada região é mostrada na Tabela 7.14 (JBIC, 2006).

Tabela 7.14: Capacidade de armazenamento de soja por região no Brasil (JBIC, 2006).

Região	Tradicional, em Sacas)		Não Tradicional (Granel)		Total		%
	No Armazém	Capacidade (t)	No Armazém	Capacidade (t)	No Armazém	Capacidade (t)	
NE	774	2.028.916	201	1.967.279	975	3.996.195	4,3
N	352	1.185.012	69	621.007	421	1.806.019	1,9
CO	1.203	5.407.070	1.641	25.380.975	2.844	30.788.045	32,8
SE	1.572	7.839.934	588	7.482.948	2.160	15.322.882	16,3
S	3.062	7.851.516	4.231	34.050.927	7.293	41.902.443	44,7
Total	6.963	24.312.448	6.730	69.503.136	13.693	93.815.584	100

Ainda são necessários grandes investimentos em infra-estrutura no país, principalmente de transporte e armazenamento do produto, que são os setores responsáveis por aumentos nos custos de produção (MACEDO, NOGUEIRA, 2005).

A rentabilidade no cultivo de soja nas diversas regiões produtoras de acordo com os preços do produto expressos na Tabela 7.15, são apresentadas na Tabela 7.16.

Tabela 7.15: Variação dos preços dos produtos de soja (JBIC, 2006; ABIOVE, 2007).

Ano	Torta de Soja SP (R\$/ton)	Oleo Comestível SP (R\$/1000 litros)	Oleo Bruto SP (R\$/ton)	Farelo de Soja	
				MT (R\$/ton)	PR (R\$/ton)
1994	160,78	1.088,89	551,04	160,67	175,00
1995	151,22	1.111,11	745,84	163,33	188,33
1996	234,37	1.088,89	625,05	188,33	242,17
1997	288,80	988,89	656,97	219,17	242,17
1998	267,77	1.277,78	931,35	229,00	261,83
1999	218,72	1.188,89	896,17	211,00	276,83
2000	314,63	1.244,44	802,49	261,83	250,83
2001	399,28	1.033,33	615,63	275,50	320,50
2002	474,38	1.883,45	1.046,36	352,17	486,00
2003	705,61	2.677,78	1.919,00	615,17	692,50
2004	722,93	2.466,67	1.914,75	624,50	740,33
2005	710,36	2.355,56	1.498,50	434,33	536,50
2006	663,47	2.097,73	1.334,48	405,66	501,09

Tabela 7.16: Renda do cultivo de soja (JBIC, 2006).

Item	Local	MS(1)	MG	MS(2)	MT(1)	MT(2)	PR(1)	PR(2)	RS
	Método	Direto	Direto	Direto	Direto	Convens.	Convens.	Direto	Direto
Colheita Proj.(t/ha)		3,00	2,70	2,40	3,00	3,00	2,40	3,00	2,34
Renda Bruta (R\$/ha)		1.303	1.447	1.042	1.303	1.303	1.286	1.608	1.254
Custo Produção (R\$/ha)		1.365	1.754	1.186	1.317	1.605	1.215	1.248	1.084
Renda Líquida (R\$/ha)		-62	-307	-143	-15	-302	71	360	170

Obs.: A renda acima foi calculada considerando preço ao produtor para MT e MS de R\$ 434,3/, e preços no PR para MG, PR e RS..

De acordo com os dados expostos acima, a rentabilidade com o cultivo da soja vem se deteriorando especialmente no Centro-Oeste, incluído o Estado de Minas Gerais, na região Sudeste. Para obter alguma

rentabilidade nestas áreas, é necessário assegurar uma produtividade unitária de cerca de 3 toneladas, conforme o nível de preços do grão de soja em 2003 (JBIC, 2006).

A soja pode se destinar tanto para exportação como para o consumo interno, na forma de torta ou como insumo para a fabricação do óleo de soja (JBIC, 2006).

Cerca de 70% da soja brasileira é destinada à exportação. No mercado interno, o óleo de soja é refinado para óleo de cozinha e o subproduto, que é a torta de soja, é utilizado como ração (principalmente na avicultura e suinocultura). O óleo de soja tem preços mais competitivos comparado a outros óleos como de girassol, milho, colza, amendoim, algodão e arroz, portanto sua demanda é mais elevada que os outros. Outra parte da produção de soja não é processada, sendo exportada na forma de grãos (MACEDO, NOGUEIRA, 2005; JBIC, 2006).

A Tabela 7.17 mostra as tendências deste mercado.

Tabela 7.17: Estoque, produção, importação, exportação, demanda de soja em milhares de toneladas (JBIC, 2006; ABIOVE, 2007; IBGE, 2007).

Ano	Resto do Ano Anterior (1)	Produção (2)	Importação (3)	Sub-Total (4)	Consumo (5)	Exp.Grãos (6)	Resto para o Ano Seguinte (7)
1996/97	3.165,40	26.160,00	1.024,00	30.349,40	19.880,00	8.340,00	2.129,40
1997/98	2.129,40	31.370,00	406,00	33.905,40	22.400,00	9.287,70	2.217,70
1998/99	2.217,70	30.765,00	582,00	33.564,70	22.300,00	8.917,00	2.347,70
1999/00	2.347,70	32.344,60	807,00	35.499,30	22.520,00	11.517,30	1.462,00
2000/01	1.462,00	38.431,80	849,60	40.743,40	24.380,00	15.675,00	688,40
2001/02	688,40	41.916,90	1.045,20	43.650,50	27.450,00	15.970,00	230,50
2002/03	230,50	52.017,50	1.189,23	53.437,23	30.470,00	19.890,50	3.076,73
2003/04	3.076,70	49.770,10	348,30	53.195,10	31.650,00	19.247,70	2.297,40
2004/05	2.297,40	53.119,20	350,00	55.766,60	34.000,00	20.500,00	1.266,60
2005/06	1.266,60	51.182,00	352,00	52.800,60	29.191,60	22.389,00	1.220,00
2006/07	1.220,00	52.464,00	40,00	53.724,00	26.667,00	24.768,00	2.289,00

Obs: (4)=(1)+(2)+(3) / (7)=(4)-(5)-(6)

A soja é exportada principalmente na forma de óleo de cozinha, óleo bruto, em torta ou grãos. A Tabela 7.18 mostra a evolução da exportação de soja e seus derivados.

Tabela 7.18: Exportação de produtos da soja em milhares de toneladas (ABIOVE, 2007).

Item	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Grão	3.740	4.190	5.367	3.493	8.340	9.288	8.917	11.517
Óleo	718	735	1.517	1.730	1.332	1.124	1.359	1.522
Farelo	8.501	9.447	10.618	11.563	11.226	10.013	10.447	10.431
Total	12.959	14.372	17.502	16.786	20.898	20.425	20.723	23.470

Item	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Grão	15.675	15.970	19.891	19.248	20.500	22.389	24.768
Óleo	1.073	1.625	1.934	2.486	2.517	2.743	2.419
Farelo	9.364	11.271	12.517	13.602	14.486	14.422	12.332
Total	26.112	28.866	34.342	35.336	37.503	39.554	39.519

Os principais destinos do óleo de soja são a China, Irã, Índia; do farelo de soja são a França, Alemanha e Holanda; e dos grãos de soja são a China, Alemanha, Espanha, Itália e Taiwan. Nota-se o rápido crescimento de soja em grãos especialmente para a China a partir de 1999 (1999/ 620.000 toneladas, 2004 / 5,7 milhões de toneladas). Considerando-se que o volume de produção de soja em 2006 foi de 52 milhões de toneladas, extrai-se o óleo de aproximadamente 60% da produção, sendo que 50% é consumido no mercado interno (JBIC, 2006).

A produção assim como as técnicas de extração de óleo de soja estão bastante desenvolvidas, portanto não existem problemas mais sérios com relação à produção de óleo de soja. Porém existem os problemas da rápida expansão da área cultivada e os reflexos no tocante à ocupação do solo. Haverá necessidade de remanejamento das áreas de pastagem (JBIC, 2006).

Embora a soja seja a oleaginosa em que se detenha maior conhecimento e experiência; em escala industrial de produção existem ainda problemas no âmbito tecnológico relacionados à produção de biocombustíveis (PENTEADO, 2005):

- a) estabilidade à oxidação, inferior a de outras oleaginosas, como a mamona;
- b) teor de fósforo que pode potencializar a formação de sabões e ácidos graxos; responsável pelo entupimento dos filtros e depósitos em injetores de motores.

Entretanto existem vantagens que viabilizam o programa e consumo de biodiesel nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, através do uso da soja como matéria-prima. Dente elas pode-se citar (PENTEADO, 2005):

- a) o preço do óleo de soja tem apresentado quedas permanentes no mercado; o uso alternativo do óleo no mercado energético teria o efeito regulador da oferta, tendo como consequência natural, a estabilização dos preços.

b) a mistura do óleo diesel mineral com biodiesel tem se mostrado extremamente importante na melhoria da qualidade das emissões resultantes do funcionamento dos motores, principais responsáveis pela poluição nas grandes metrópoles do Sul e Sudeste.

c) mais de 90% da produção de óleo no Brasil provém da soja.

7.6 GIRASSOL

Existem duas classes de girassol cultivado para fins comerciais, uma com pouco teor de óleo (cerca de 30%) para ser utilizado como ração para aves e outra com teor de óleo mais elevado (aproximadamente 40%), para ser utilizado na fabricação de óleo de cozinha. O período de cultivo para a variedade utilizada em rações é de 120 a 130 dias e para a variedade própria à fabricação de óleo, 100 dias são suficientes. A Figura 7.5 mostra o ciclo de cultivo do girassol (JBIC, 2006).

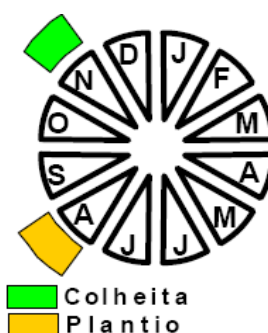


Figura 7.15: Ciclo do girassol
(JBIC, 2006).

O girassol não é muito resistente para os solos ácidos, e normalmente é preciso fazer uma retificação nas áreas de cultivo para corrigir a acidez do solo. O grau de acidez nas culturas varia de pH 5,8 a 6,2, sendo que o pH adequado está ao redor de pH 6,2. As condições climáticas do Brasil são favoráveis ao cultivo de girassol, e seu custo de produção é baixo quando comparado a outros produtos. (JBIC, 2006).

Para se promover o cultivo de girassol em escala, devem ser realizados levantamentos e pesquisas, especialmente no que se refere ao melhoramento de variedades para se aumentar a produtividade, mapeamento das zonas adequadas à produção, técnicas de cultivo e prevenção de pragas (JBIC, 2006).

O processo da extração do óleo de girassol é simples. A Figura 7.16 ilustra o método.

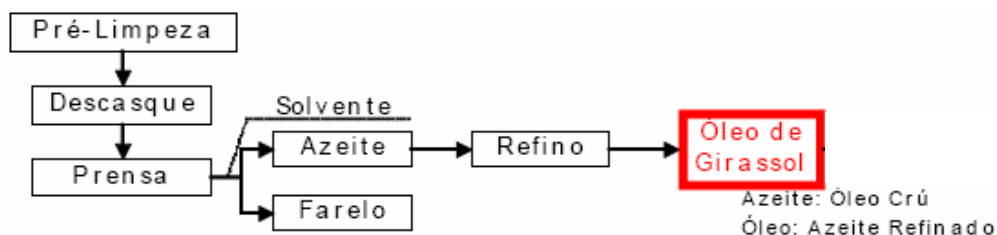


Figura 7.16: Método de extração de óleo de girassol (JBIC, 2006).

Basicamente, o processo consiste na prensagem das sementes e da aplicação de um solvente. Em seguida o farelo e o azeite são separados (JBIC, 2006).

Além de ser utilizado como óleo de cozinha, o óleo de girassol pode ser utilizado na indústria farmacêutica, de perfumaria e de tintas. Os subprodutos do processo de extração do óleo podem ser aproveitados como mostra a Tabela 7.19 (JBIC, 2006).

Tabela 7.19: Uso de óleo e subprodutos do girassol (JBIC, 2006).

Item	Uso	Item	Uso
Óleo	Setor farmacêutico, cosmético e tinta entre outros, além do setor de alimento	Casca	Combustível, ração, etc.
Farelo	Cera e outros	Caule	Isolante de som e térmico
Torta	Ração, adubo, panificação, bebidas, biscoito, etc.		

No Brasil, o girassol é produzido principalmente nos Estados da região Centro-Oeste, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, ocupando uma área aproximada de 520.000 hectares. O aumento anual da área cultivada de girassol por região é mostrado na Tabela 7.20 (JBIC, 2006).

Tabela 7.20: Variação da área cultivada de girassol por região em milhares de hectares (JBIC, 2006).

Região	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
N	-	-	-	-	-	-	3,8	-
NE	-	-	-	-	-	-	-	-
CO	9,6	40,4	53,4	29,9	45,7	35,5	43,5	43,5
SE	0,7	1,5	1,5	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0
S	2,1	2,4	3,1	5,2	5,0	5,7	7,3	7,3
Brasil	12,4	44,3	58,0	37,0	52,6	43,2	52,8	52,8

Na Tabela 7.21 observa-se a evolução da colheita e produtividade de girassol por região.

Tabela 7.21:Variação da produtividade do girassol por região em quilos por hectare (JBIC, 2006).

Região	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
N	-	-	-	-	-	-	-	-
NE	-	-	-	-	-	-	-	-
CO	1.271	1.074	1.700	1.549	1.348	1.332	1.577	1.582
SE	2.143	1.800	1.800	1.474	1.368	1.500	1.500	1.500
S	1.000	1.208	1.258	1.385	1.360	1.070	1.425	1.425
Brasil	1.274	1.106	1.679	1.522	1.350	1.306	1.553	1.557

Analisando-se as Tabelas 7.20 e 7.21, verifica-se que a área cultivada se expandiu para 52.000 hectares e a produtividade se estabilizou num patamar de 1,5 toneladas por hectare. De acordo com a Embrapa, o girassol tem potencial para ter uma produtividade de mais de 2 toneladas por hectare (JBIC, 2006).

Os itens dos custos de produção de girassol que apresentam os maiores valores são os gastos com máquinas, adubos e defensivos, sendo que o custo de mão-de-obra representa somente 3% do total. Na Tabela 7.22, este fato é ilustrado. Os dados relacionados na Tabela 7.22 são de um levantamento realizado no município de Chapadão do Sul, em Mato Grosso do Sul, grande produtor desta cultura (JBIC, 2006).

Tabela 7.22: Custo de Produção do Girassol (JBIC, 2006).

Item	Custo Produção (R\$/ha)
Produtividade	1,80
Preço	466,00
Invest. Inicial	
Insumos	306,70
Máquinas	340,90
Mão de Obra	26,90
Processamento	377,80
Custo Produção	1.052,30

Fonte: CONAB

Obs.: Produção = 1.800 kg/ha Preço de 30/06/2005

A rentabilidade do girassol é baixa. Considerando-se uma colheita estimada de 1,8 toneladas por hectare, haverá prejuízo, como é mostrado na Tabela 7.23. Para se obter rentabilidade com o girassol, na situação atual, será necessário que o preço na origem supere os R\$ 590 por tonelada ou que se aumente os atuais índices de produtividade (JBIC, 2006).

Tabela 7.23: Renda no cultivo do girassol
(JBIC, 2006).

Colheita Planejada	1.8t/ha
Preço Produtor	R\$466.0/t
Renda Bruta	R\$838.8/ha
Custo Produção	R\$1,052.5/ha
Renda Líquida	-R\$213.5/ha

Nos últimos anos, com a expansão do mercado da saúde, que se preocupa em vender óleos comestíveis menos nocivos à saúde, a demanda pelo óleo de girassol está aumentando e o volume de produção tende a se expandir, mas como no caso da colza, a escala de produção brasileira ainda é pequena. Os principais produtores são pequenos agricultores e a mecanização da colheita ainda não está avançada. Existem casos de problemas com aves em todo o país que se alimentam da semente e existe uma preocupação entre os produtores para tomar medidas contra esta questão. Por estes motivos, se faz necessário resolver estes problemas como o desenvolvimento de técnicas de cultivo e a mecanização (JBIC, 2006).

7.7 SEBO BOVINO

No Brasil, o setor de agropecuária, principalmente na área de bovinos para corte é bem expressivo na conjuntura econômica agrícola nacional. A dimensão deste potencial é observável através dos números deste mercado, onde cerca de 20% da produção de carne, 1,5 milhões de toneladas são exportadas; gerando divisas de US\$ 1,8 bilhões (SIC, 2007).

As maiores regiões produtoras brasileiras são a Centro-Oeste, a Sudeste e a Sul. Nestas localidades são processados cerca de 71% do gado bovino brasileiro. Desta forma pode-se dizer que os subprodutos do abate bovino como os ossos e o sebo são oriundos destas regiões e produzidos na mesma proporção. A Tabela 7.24 ilustra este fato (ANUALPEC, 2005).

Tabela 7.24: Abate de bovinos no Brasil (ANUALPEC, 2005).

Regiões	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
NORTE	2.649.279	2.852.112	2.756.146	2.985.124	3.145.268	3.419.632	3.868.474	4.337.133	5.000.330	5.782.560
RO	460.785	556.879	545.039	606.545	715.205	849.227	1.053.639	1.278.165	1.601.141	2.100.635
AC	96.767	117.554	121.483	138.346	154.339	169.168	174.921	185.833	204.455	228.198
AM	280.701	301.112	294.586	290.035	250.347	216.352	235.344	238.234	269.340	279.820
RR	60.565	64.518	61.998	64.863	69.533	72.258	73.726	74.926	80.489	85.321
PA	747.691	778.722	739.403	821.269	918.161	1.063.885	1.337.761	1.534.838	1.668.915	1.775.029
AP	66.388	65.668	63.368	67.902	56.341	47.531	28.597	20.474	26.526	29.576
TO	936.382	967.658	930.270	996.165	981.342	1.001.211	964.486	1.004.663	1.149.464	1.283.981
NORDESTE	6.204.485	5.549.048	5.060.897	4.959.840	4.580.327	4.559.027	4.611.280	5.181.758	5.554.321	5.971.207
MA	616.172	623.044	585.010	604.839	532.738	548.137	607.983	658.932	697.257	735.796
PI	314.822	312.760	288.643	293.802	270.882	269.918	264.905	275.181	292.131	306.447
CE	642.110	578.290	550.491	526.084	456.025	448.524	344.126	537.996	545.329	533.767
RN	193.127	179.865	172.030	172.301	161.424	162.349	177.032	197.217	205.109	189.316
PB	257.731	249.291	244.662	240.637	215.710	206.467	224.712	257.483	269.327	289.546
PE	1.015.581	916.466	909.580	877.234	772.326	752.177	728.849	819.868	847.900	804.171
AL	245.874	213.362	198.435	194.547	175.710	176.847	190.972	213.245	219.484	220.624
SE	209.923	184.351	167.548	161.031	146.751	149.170	160.399	181.505	188.166	195.033
BA	2.709.145	2.291.619	1.944.498	1.889.365	1.848.763	1.845.440	1.912.303	2.040.331	2.289.619	2.696.507
SUDESTE	11.515.240	11.189.482	10.139.278	10.129.013	10.175.767	10.104.480	10.156.684	10.131.215	10.581.017	11.810.070
MG	4.541.142	4.064.796	4.100.533	4.091.726	4.204.999	4.258.454	4.353.994	4.515.746	4.815.472	5.391.838
ES	506.764	503.000	407.935	362.476	375.956	390.015	407.463	407.713	420.418	448.411
RJ	674.063	618.709	528.487	493.964	491.466	485.378	513.968	527.667	557.032	615.765
SP	5.793.271	6.002.977	5.102.323	5.180.847	5.103.345	4.970.633	4.881.259	4.680.089	4.788.095	5.354.056
SUL	6.826.342	6.958.878	6.426.904	6.362.159	6.412.238	6.389.153	6.704.790	6.748.310	7.170.337	8.067.352
PR	2.764.368	2.908.991	2.644.798	2.668.490	2.596.233	2.566.870	2.814.913	2.684.985	2.826.532	3.205.459
SC	1.029.415	1.036.772	900.145	839.503	799.307	766.892	760.590	800.708	871.477	953.250
RS	3.032.559	3.013.115	2.881.961	2.854.166	3.016.698	3.055.391	3.129.286	3.262.617	3.472.328	3.908.644
C. OESTE	9.693.486	10.161.457	9.402.447	9.826.263	10.569.058	11.078.406	11.456.015	12.077.375	13.235.515	13.346.613
MS	3.938.508	4.157.968	3.716.293	3.814.460	4.169.929	4.561.938	4.775.288	4.896.314	5.278.453	6.381.738
MT	2.203.596	2.382.527	2.404.707	2.676.654	2.886.668	3.048.684	3.126.971	3.380.639	3.779.542	4.117.092
GO	3.486.056	3.562.753	3.230.761	3.286.314	3.465.688	3.411.341	3.498.790	3.754.223	4.132.023	4.804.016
DF	65.326	58.209	50.685	48.834	46.772	56.443	54.967	46.199	45.497	43.767
BRASIL	36.888.832	36.710.977	33.785.672	34.262.399	34.882.658	35.550.697	36.797.244	38.475.791	41.541.519	46.977.803

* por cabeças

As regiões Norte e Nordeste têm também um grau de processamento considerável de gado bovino, entretanto estas regiões enfrentam problemas de infra-estrutura e organização (abatedouros clandestinos, transporte, processos artesanais, dentre outros) para o aproveitamento econômico dos subprodutos deste mercado. Desta forma o sebo bovino, nestas duas regiões, não será considerado como uma matéria-prima potencial para a fabricação de biodiesel (VIEIRA, 2005; PACHECO, YAMANAKA, 2006).

Não existem dados oficiais a respeito do volume de produção de sebo bovino no Brasil, entretanto analisando-se o volume do abate e processamento dos animais estima-se esta quantidade. Esta premissa também é reforçada pela cadeia produtiva da pecuária de corte no Brasil mostrada na Figura 7.17 (VIEIRA, 2005; PACHECO, YAMANAKA, 2006).

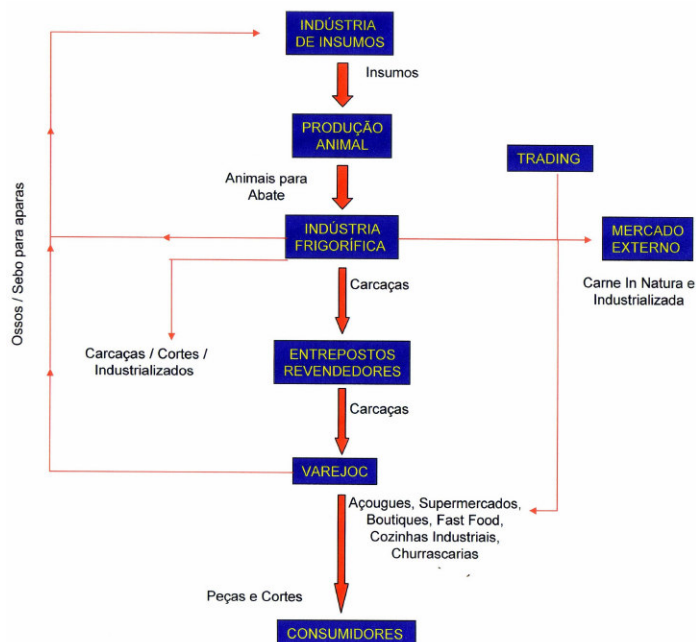


Figura 7.17: Cadeia produtiva de pecuária de corte brasileira. Elaboração própria a partir de (PACHECO, YAMANAKA, 2006).

A Tabela 7.25 mostra a relação de subprodutos e a sua contribuição no peso de um boi de 400 quilos, que é o peso médio de abate nos frigoríficos.

Tabela 7.25: Produtos e subprodutos de um abate de um bovino de 400 quilos (PACHECO, YAMANAKA, 2006).

	Peso (kg)	Porcentagem do Peso Vivo (%)
Peso vivo	400	100
Carne desossada	155	39
Material não-comestível para graxaria (ossos, gordura, cabeça, partes condenadas, etc.)	152	38
Couro	36	9
Visceras comestíveis (língua, fígado, coração, rins, etc.)	19	5
Sangue	12	3
Outros (conteúdos estomacais e intestinais, perdas – sangue, carne, etc.)	26	7

De acordo com a Tabela 7.25, pode-se considerar que dos 152 quilos de material compostos por ossos e gorduras, metade é constituída de sebo, considerando um cálculo conservador. Desta forma, estima-se, a partir dos dados da Tabela 7.24, que a produção de sebo brasileira chega a 3,6 milhões de toneladas, assumindo a premissa que todas as cabeças de gado abatidas pesem 400 quilos. Nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul a produção chega a 2,6 milhões de toneladas.

Os subprodutos do abate bovino são utilizados em cerca de 49 segmentos industriais, representados na Figura 7.17 pela célula Indústria de Insumos. Do sangue, produz-se ração para animais. Do pêlo, filtros de ar e combustível. O sebo entra na fabricação de tintas, pneus, lápis, graxas, sabões e atualmente biodiesel. Vários cosméticos e substâncias hormonais são feitos a partir de matéria-prima extraída de miúdos de boi. Já dos cascos e chifres é possível fabricar pó para extintor de incêndio. As tripas dão origem a cordas para raquetes e fios cirúrgicos. A bÍlis é usada em fábricas de bebidas, de produtos químicos e farmacêuticos (VIEIRA, 2005).

O sebo bovino, assim como as gorduras animais têm a vantagem de ser uma matéria-prima barata, quando comparada com os óleos vegetais, cerca de R\$ 700,00 a tonelada. Para efeito de comparação a mesma quantidade de óleo de soja custa cerca de R\$ 1.100,00 (FINEP, 2007).

Por outro lado, como analisado anteriormente neste estudo, devido à alta concentração de ácidos graxos livres (cerca de 20 a 30%), o sebo bovino deve passar por um processo de pré-tratamento para ser utilizado na fabricação de biodiesel que pode encarecer o processo. No caso da maioria dos óleos vegetais esta prática não é necessária.

Estas questões serão analisadas nos estudos de viabilidade econômica, abordado nos próximos capítulos.

7.8 CONCLUSÕES

Na Tabela 7.26 é mostrado um resumo das características das matérias-primas potenciais para a produção de biodiesel no Brasil.

Tabela 7.26: Matérias-primas potenciais para a produção de biodiesel no Brasil
Elaboração própria a partir de (ANUALPEC, 2005; MACEDO, NOGUEIRA, 2005; PENTEADO, 2005; VIEIRA, 2005; JBIC, 2006; PACHECO, YAMANAKA, 2006).

Item	Matéria-Prima					
	Mamona	Dendê	Soja	Girassol	Colza	Sebo Bovino
Nome Científico	<i>Ricinus communis L.</i>	<i>Elaeis guineensis</i>	<i>Glycine max L.</i>	<i>Helianthus annus</i>	<i>Brassica sp</i>	-
Ciclo	240 dias	25 anos	90 dias	130 dias	100 dias	Depende da forma de criação, pastagem e raça do gado
Região Recomendada	Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste	Norte e Nordeste	Sudeste, Centro-Oeste e Sul	Sudeste, Centro-Oeste e Sul	Sul	Sudeste, Centro-Oeste e Sul
Faixa de Produtividade (toneladas por hectare)	0,6 a 2,0	3,0 a 30,0	1,4 a 3,0	1,4 a 1,8	1,5 a 2,4	Depende da forma de criação, pastagem e raça do gado
Custo Agrícola (R\$ /hectare)	688,80	2.080,00	1.364,80	1.052,30	-	-
Teor de Óleo (%)	45 a 50	20	18 a 21	42	40 a 45	-
Teor de Óleo Produzido (toneladas por hectare)	0,54 a 0,58	3,2 a 4,0	0,49 a 0,57	0,67 a 0,80	0,60 a 1,00	Depende da forma de criação, pastagem e raça do gado
Características	Resistente a seca	Adaptado as regiões com alta precipitação	Técnica de cultivo definida	Adaptado a safrinha no Brasil	Resistente ao frio	Subproduto da indústria de carne
	Cultura tradicional no nordeste	Cultura tradicional no norte	Sistema de comercialização definido	Adaptação a rotação de culturas		Preço mais baixo em relação aos óleos vegetais
		Óleo consumido em todo o país	Óleo mais comercializado no mundo	Muitos subprodutos possíveis de serem utilizados		
		Alto teor de óleo	Alta produção	Fácil manejo		

Tabela 7.26: Matérias-primas potenciais para a produção de biodiesel no Brasil (continuação).

Item	Matéria-Prima						
	Mamona	Dendê	Soja	Girassol		Colza	Sebo Bovino
Problemas	Alta densidade	Necessita 3 anos para instalação da cultura	Necessário produção em grande escala	Pouca informação sobre a cultura		Alta concentração de ácidos graxos	Alta concentração de ácidos graxos
	Técnica de cultivo imaturo		Dificuldade em pequenos produtores participar	Baixa produtividade	Demanda maior que a oferta	Necessidade de pré-tratamento para a transesterificação.	Necessidade de pré-tratamento para a transesterificação.
	Não existem muitas pesquisas básicas em andamento		Produto importante como <i>commodity</i>	Problemas com pássaros	Pouca experiência com a cultura		Alto ponto de solidificação.
	Óleo utilizado em outros setores		Óleo muito consumido como alimento	Técnica de cultivo imaturo (inclui melhoramento genético)			Alta viscosidade.
	Difícil aumentar a produção a curto prazo			Cultivado como cultura secundária	Cultura de clima temperado		
	Baixa produtividade			Sistema de comercialização não concretizado			
	Infra-estrutura não adaptada a produção em grande escala						
	Óleo tóxico	Alta necessidade hídrica					
	Produção em pequena escala	Investimento inicial alto					
	Difícil mecanização (atualmente)	Necessário o processamento até 24 horas após a colheita.					

A análise preliminar dos pontos descritos neste capítulo sugere, como matérias-primas potenciais para a produção de biodiesel no Brasil, o dendê para as regiões Norte e Nordeste; a mamona para as regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste; a soja para as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul; o girassol para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul; a colza para região Sul; e o sebo bovino para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Esta análise inicial será complementada e balizada com os resultados dos estudos de viabilidade técnica e econômica descritos nos Capítulos 9 e 10 deste trabalho.

8 DEFINIÇÃO DE MODELOS REGIONAIS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL

O objetivo deste capítulo é a proposta de modelos regionais para a produção e comercialização de biodiesel no território brasileiro.

Inicialmente será analisada toda a cadeia produtiva do processo, isto é, a logística e as modalidades de consórcios entre os centros agrícolas, plantas de beneficiamento e canais de distribuição possíveis de serem aplicados na produção de biodiesel brasileira.

Num segundo momento serão propostos modelos produtivos regionais para a produção de biodiesel brasileira. Por modelo produtivo entende-se toda a cadeia de produção do biodiesel englobando desde a origem da matéria-prima até os postos de revenda no varejo. A partir destes modelos serão feitas as análises de viabilidade técnica e econômica no próximo capítulo.

8.1 ANÁLISE DA CADEIA DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL BRASILEIRA

Como dito anteriormente a produção e a comercialização de biodiesel no Brasil está em sua fase embrionária, as bases produtivas, comerciais, logísticas e legislativas estão sendo organizadas. Neste ínterim pode-se dizer que atualmente, a produção e a comercialização de biodiesel são realizadas através das seguintes etapas (NAPPO, 2005a; RIBEIRO, 2005; CARMÉLIO, 2006; JBIC, 2006; SOUZA, 2006; ANP, 2007):

- a) Produtor de matéria-prima até extratoras de óleo;
- b) Extratoras de óleo vegetal / destilarias / refinarias até os produtores de biodiesel;
- c) Produtor de biodiesel até refinarias de petróleo e distribuidoras de combustível;
- d) Refinaria de petróleo até a distribuidora ou distribuidora até postos revendedores;
- e) Postos revendedores até o consumidor final.

A Figura 8.1 ilustra a cadeia produtiva e de comercialização do biodiesel no Brasil.

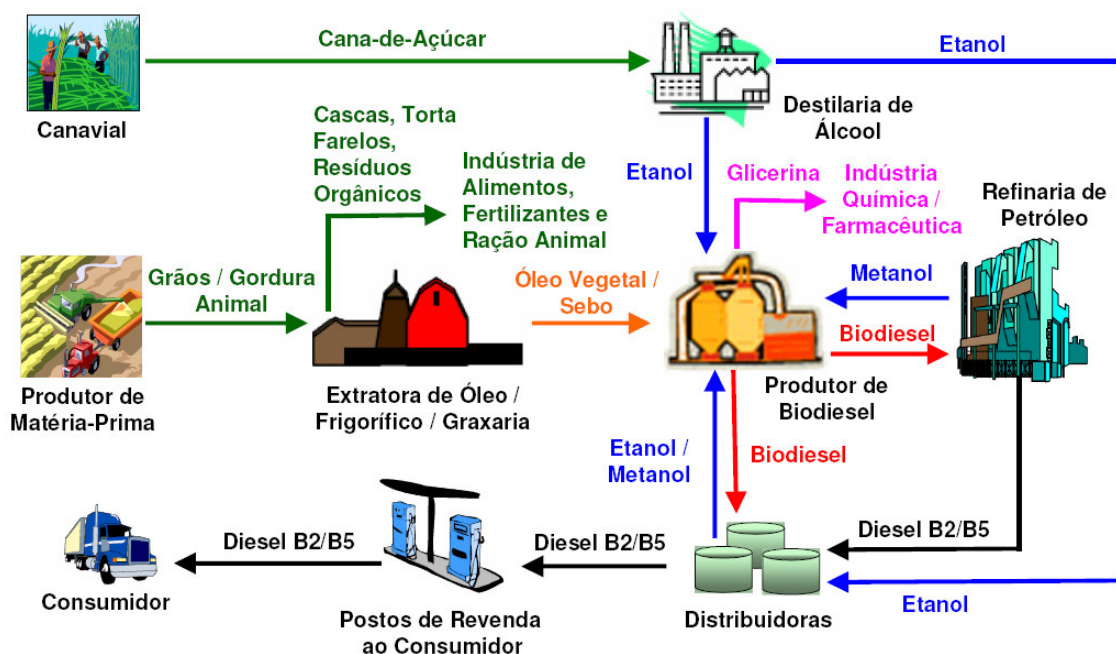


Figura 8.1: Cadeia produtiva e de comercialização do biodiesel no Brasil. Elaboração própria a partir de (NAPPO, 2005a; RIBEIRO, 2005; CARMÉLIO, 2006; JBIC, 2006; SOUZA, 2006, ANP, 2007).

A seguir cada etapa citada anteriormente e ilustrada na Figura 8.1 será descrita em detalhe.

8.1.1 PRODUTOR DE MATÉRIA-PRIMA ATÉ A EXTRATORA DE ÓLEO

A rota de comercialização da matéria-prima varia de acordo com o produto, e podem ocorrer as seguintes alternativas (JBIC, 2006):

- Os produtores de óleo vegetal compram diretamente dos produtores, individualmente;
- Venda de forma coletiva pela associação aos produtores de óleo vegetal;
- O intermediário compra dos agricultores para posteriormente vender aos produtores de óleo vegetal;
- O produtor de óleo vegetal cultiva a sua própria matéria-prima.

A alternativa *a)* ocorre geralmente quando se trata de produtores proprietários de grandes monoculturas com elevadas escalas de produção. Neste item pode-se incluir os produtores de soja. As alternativas *b)* e *c)* ocorrem normalmente quando as matérias-primas são cultivadas por pequenos agricultores, como, por exemplo, na cultura da mamona. A alternativa *d)* se observa em produtos que devem ser processados dentro das 24 horas posteriores à colheita, como o caso do dendê (JBIC, 2006).

Uma questão importante a ser observada nas alternativas *b)* e *c)* quando consorciadas ao trabalho de agricultura familiar são os incentivos fiscais garantidos pelo Selo Combustível Social que contribui para a redução e custos do produto final (CARMÉLIO, 2006).

O caminhão é o meio mais comum usado como transporte da matéria-prima nas suas diversas etapas, da plantação até os armazéns, e daí às indústrias extratoras. Mas os pequenos agricultores muitas vezes transportam o material colhido até os armazéns usando a sua própria força, ou a de animais de carga. Tratores e caminhões são geralmente utilizados por produtores de grande porte, que carregam os produtos colhidos mecanicamente. No caso do dendê, que não pode ser colhido por colheitadeiras, o material é recolhido e reunido por homens ou animais, para depois ser transportado, por caminhões, às plantas extratoras (JBIC, 2006).

Práticas semelhantes às alternativas *a)* e *d)* ocorrem na cadeia de produção do etanol onde a cana-de-açúcar é colhida e enviada através de caminhões para as destilarias que podem ser proprietárias ou não das plantações (SOUZA, 2006).

As cascas, tortas e farelos dos processos de extração de óleo são revendidos para indústrias de alimentos (torta e farelo de soja), fertilizantes (torta de mamona) e ração animal. Outro destino para estes subprodutos é a queima para a geração de energia.

8.1.2 EXTRATORAS DE ÓLEO VEGETAL / DESTILARIAS / REFINARIAS ATÉ OS PRODUTORES DE BIODIESEL

As plantas produtoras de biodiesel precisam basicamente de dois insumos principais para o seu funcionamento: o óleo vegetal ou gordura animal, oriundo das extratoras, frigoríficos e graxarias; e o álcool metílico ou etílico, produzido pelas refinarias de petróleo e destilarias sucroalcooleiras.

O óleo vegetal ou gordura animal é processado no próprio local de consumo ou transportado através de caminhões até os produtores de biodiesel. Dependendo da disponibilidade de matéria-prima pode ser mais viável o produtor de biodiesel investir na produção e no processamento de oleaginosas do que adquirir o óleo no mercado. Um exemplo desta prática é a Agropalma que possui sua própria planta de extração de óleo de dendê. Os resíduos orgânicos, tortas, cascas e farelos são também vendidos e transportados da mesma forma (ARANDA, 2005a, JBIC, 2006).

O álcool metílico ou etílico pode ser adquirido pelos produtores de biodiesel diretamente das destilarias e refinarias ou das distribuidoras de combustíveis. Essa decisão dependerá da localização da planta de biodiesel em relação ao centro fornecedor. Esta questão pode ser melhor entendida e ilustrada através da Figura 7.4, apresentada anteriormente e das Figuras 8.2 e 8.3 abaixo onde são mostradas a

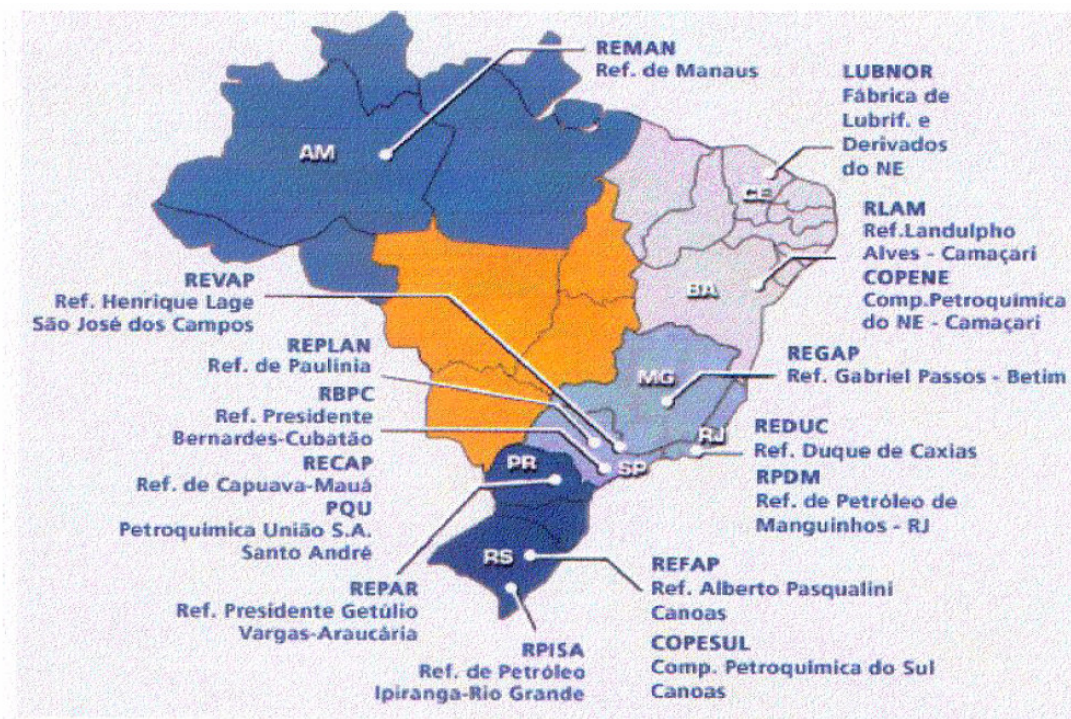


Figura 8.3: Mapa de localização das refinarias, planta de industrialização de xisto e centrais petroquímicas brasileiras (TAVARES, 2005).

A distribuição de combustíveis é feita através da ligação do ponto produtor (refinaria ou destilaria) até as bases de distribuição primárias e em seguida às bases de distribuição secundárias. Este transporte pode ser rodoviário, ferroviário, hidroviário ou através de oleodutos. A partir das bases de distribuição secundárias os combustíveis são encaminhados aos postos de revenda no varejo (SOUZA, 2006).

Analisando-se os mapas das Figuras 8.2 e 8.3 verifica-se que a infraestrutura de transporte de combustíveis é satisfatória. Nas regiões Sul, e Sudeste, onde estão localizadas a maioria das refinarias brasileiras e os maiores mercados consumidores existe uma infraestrutura e logística bem desenvolvida. O escoamento da produção das refinarias é feito através de rodovias, ferrovias e oleodutos. Na região Norte, o transporte é feito predominantemente por hidrovias por onde é distribuída a produção da Refinaria de Manaus (REMAN). Na região Centro-Oeste o transporte é feito por rodovias através da conexão com as bases de distribuição primárias e secundárias do sudeste. Na região Nordeste, as refinarias e as bases de distribuição primárias, localizadas no litoral, são interligadas por oleodutos.

Na Figura 7.4, mostrada no Capítulo 7, verifica-se que as usinas sucroalcooleiras concentram-se na região Sudeste e no litoral nordestino.

Tanto o álcool metílico como o etílico utilizam a mesma rede de distribuição dos derivados de petróleo. Outra questão importante é o escoamento da produção de biodiesel, que neste momento de

consolidação do mercado utilizará a mesma logística. Esta questão será melhor abordada no próximo item.

A glicerina resultante do processo de produção do biodiesel; como visto anteriormente, pode ser vendida as indústrias químicas e farmacêuticas ou ser usada como combustível em caldeiras na própria planta de biodiesel.

8.1.3 PRODUTOR DE BODIESEL ATÉ REFINARIAS DE PETRÓLEO E DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTÍVEL

Atualmente o biodiesel é vendido e entregue nas refinarias de petróleo ou distribuidoras de combustível diretamente pelos produtores. Nestes locais o biocombustível é adicionado ao diesel mineral constituindo as misturas normalizadas pela legislação brasileira B2 e B5 (NAPPO, 2005a; JBIC, 2006, ANP, 2007).

Como visto no item anterior, a maioria das refinarias está localizada na região Sudeste e Sul. As zonas produtoras de biodiesel, geralmente longe das refinarias deverão escoar a sua produção através do transporte rodoviário ou através da infra-estrutura de distribuição existente para os combustíveis fósseis e o álcool. Por outro lado, com o escoamento da produção de biodiesel diretamente para as distribuidoras de combustível, os custos de transporte até as refinarias serão eliminados e o escoamento da produção será otimizado na medida que as distribuidoras estão acessíveis em todas as regiões brasileiras. Existem cerca de 275 distribuidores autorizados no país. (JBIC, 2006; SOUZA, 2006; ANP, 2007).

8.1.4 REFINARIA DE PETRÓLEO ATÉ A DISTRIBUIDORA OU DISTRIBUIDORA ATÉ POSTOS REVENDEDORES

Nas refinarias, o biodiesel é misturado ao diesel mineral e encaminhado às distribuidoras credenciadas pela ANP. O combustível aditivado com o biodiesel (B2 ou B5) utiliza a rota de comercialização já consolidada, entre as refinarias e as distribuidoras de combustíveis (JBIC, 2006).

As distribuidoras já contam com um sistema de comercialização estruturado junto aos postos revendedores e seu transporte se dá através de caminhões. A venda de B2 já se iniciou e esta disponível em 12 postos nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Pará. Quando as distribuidoras recebem o biodiesel diretamente dos produtores, as mesmas se encarregam da produção das misturas B2 ou B5. (JBIC, 2006, ANP, 2007).

8.2 MODELOS REGIONAIS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Nesta seção serão propostos modelos produtivos de biodiesel específicos para cada região brasileira baseando-se nos conceitos abordados anteriormente. Por modelo produtivo entende-se toda a cadeia de produção do biodiesel englobando desde a origem da matéria-prima até os postos de revenda no varejo.

8.2.1 REGIÃO NORTE

O modelo produtivo proposto para a região Norte é baseado na cultura do dendê, matéria-prima mais viável para a região, como discutido anteriormente. A Figura 8.4 ilustra o modelo proposto.

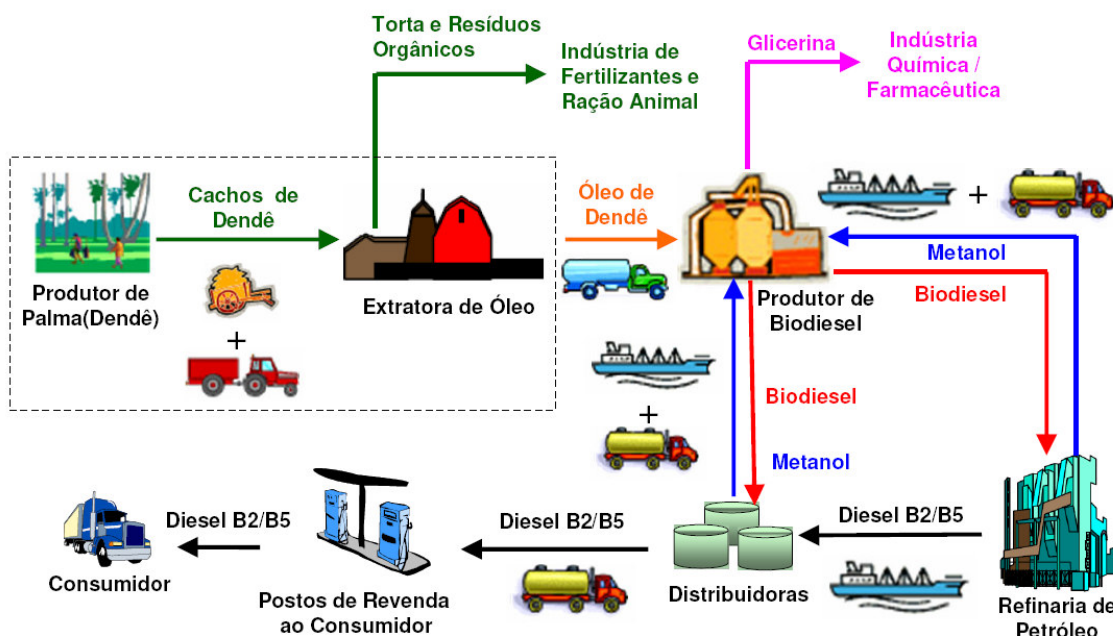


Figura 8.4: Modelo de produtivo de biodiesel para a região Norte.

Como observado na Figura 8.4, os cachos dendê são colhidos manualmente e transportados através de tração animal ou caminhões para a extratora de óleo que deve ficar próxima ao local de colheita, na medida que os cachos devem ser processados em menos de 24 horas para não comprometer a qualidade do óleo. Os cultivares são caracterizados por grandes plantações de dendê exploradas por produtores de óleo ou por pequenas cooperativas extrativistas que

beneficiam o óleo artesanalmente. A torta e os resíduos orgânicos são destinados a produção de fertilizantes e ração animal.

Em seguida o óleo já processado é transportado por meio de caminhões para a planta produtora de biodiesel. O álcool utilizado no processo, neste caso específico é o metanol oriundo da Refinaria de Petróleo de Manaus – REMAN. O uso do etanol nesta região é inviável devido aos custos de frete, pois os centros produtores mais próximos estão localizados no litoral nordestino e nas regiões Centro-Oeste e Sudeste. As Figuras 7.4 e 8.2 analisadas anteriormente ilustram este fato.

O biodiesel produzido segue para a refinaria ou distribuidoras através de hidrovias e rodovias. De forma análoga o metanol, oriundo da refinaria ou das distribuidoras, é transportado aos produtores de biodiesel. Na refinaria ou distribuidora, o biodiesel é misturado ao diesel mineral e transportado novamente por hidrovias às distribuidoras. Nas distribuidoras o produto é repassado aos posto de revenda através de caminhões tanque.

A glicerina é vendida para as indústrias farmacêuticas e químicas.

8.2.2 REGIÃO NORDESTE

Na região nordeste o modelo produtivo proposto é baseado na cultura do dendê e da mamona. A Figura 8.5 ilustra o modelo de produção nordestino.

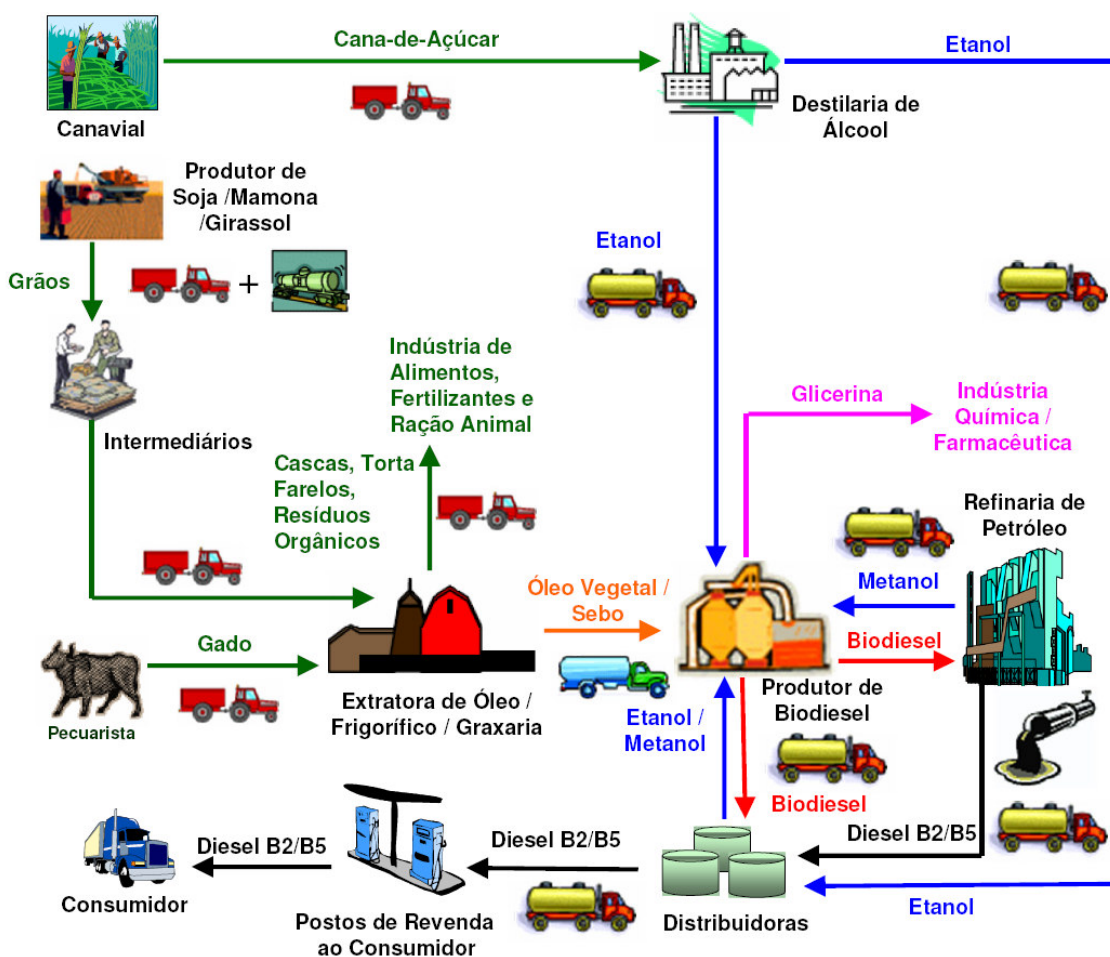


Figura 8.5: Modelo de produtivo de biodiesel para a região Nordeste.

Os cultivares nordestinos caracterizam-se em sua grande maioria por pequenas propriedades familiares que vendem sua produção para cooperativas ou intermediários. Esta prática de produção recebe incentivos fiscais do governo através do Selo Combustível Social, garantindo a toda cadeia custos mais baixos. Por sua vez, as cooperativas e intermediários revendem a mamona ou dendê as extratoras de óleo. O óleo vegetal processado é encaminhado para os produtores de biodiesel. Da mesma forma que no caso da região Norte, a cadeia refinaria-distribuidoras - postos de revenda é seguida. Na região Nordeste o meio de transporte dos insumos envolvidos é o rodoviário em todas as etapas. É importante lembrar que existe também

o transporte de combustíveis através de oleodutos entre refinarias e distribuidoras primárias localizadas no litoral nordestino. No caso do biodiesel o uso de oleodutos ainda esta sendo desenvolvido e implantado.

Um aspecto importante é a viabilidade de utilização tanto do etanol quanto do metanol. Analisando-se as Figuras 7.4 e 8.2, percebe-se que as refinarias de petróleo, as distribuidoras e as destilarias de álcool localizam-se no litoral nordestino, desta forma, os custos de frete dos dois álcoois é equivalente.

8.2.3 REGIÃO CENTRO-OESTE

Na região Centro-Oeste o modelo produtivo proposto é baseado na cultura da soja, mamona e girassol. Também será considerado o uso do sebo bovino. A Figura 8.6 ilustra o modelo de produção da região.

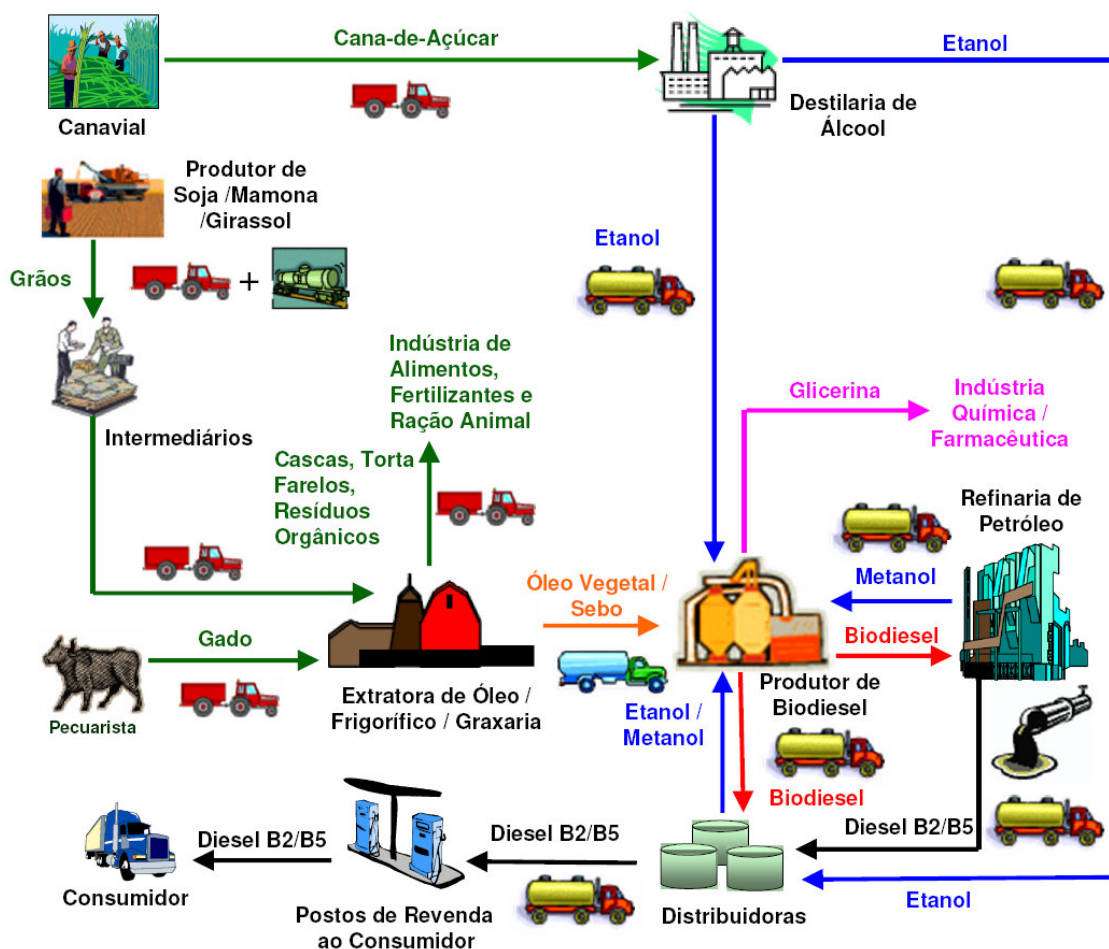


Figura 8.6: Modelo de produtivo de biodiesel para a região Centro-Oeste.

Os cultivares da região Centro-Oeste são caracterizados por grandes plantações, com elevado grau de mecanização e tecnologia aplicadas. É importante destacar também o uso do sebo bovino como matéria-prima.

A cadeia de produção é semelhante aos modelos produtivos anteriormente descritos, entretanto neste caso a infra-estrutura, a logística de transporte e a negociação da produção são bem desenvolvidas. Este fato pode ser verificado no caso da soja que é um produto de importância estratégica no mercado nacional e internacional.

Neste caso, através da análise das Figuras 7.4. e 8.2 percebe-se que o uso do etanol adquirido diretamente das destilarias localizadas na região Centro-Oeste; revela-se; numa primeira análise, uma melhor alternativa para o produtor de biodiesel frente ao metanol oriundo das refinarias localizadas no Sudeste. No próximo capítulo deste estudo estas questões serão abordadas em detalhe.

As refinarias localizadas na região Sudeste abastecem as distribuidoras primárias através de oleodutos e que por sua vez escoam sua produção através de rodovias para distribuidoras secundárias, consumidores industriais ou para os postos de revenda.

O transporte dos insumos envolvidos na produção do biodiesel da mesma maneira que no caso nordestino é rodoviário. Vale destacar a utilização de transporte ferroviário para o escoamento da produção agrícola de grãos e cereais da região, como por exemplo, a soja.

8.2.4 REGIÃO SUDESTE

O modelo produtivo da região Sudeste é muito semelhante ao da região Centro-Oeste apresentado anteriormente. As matérias-primas utilizadas são a soja, a mamona, o girassol e o sebo bovino. A Figura 8.7 ilustra o modelo de produção proposto.

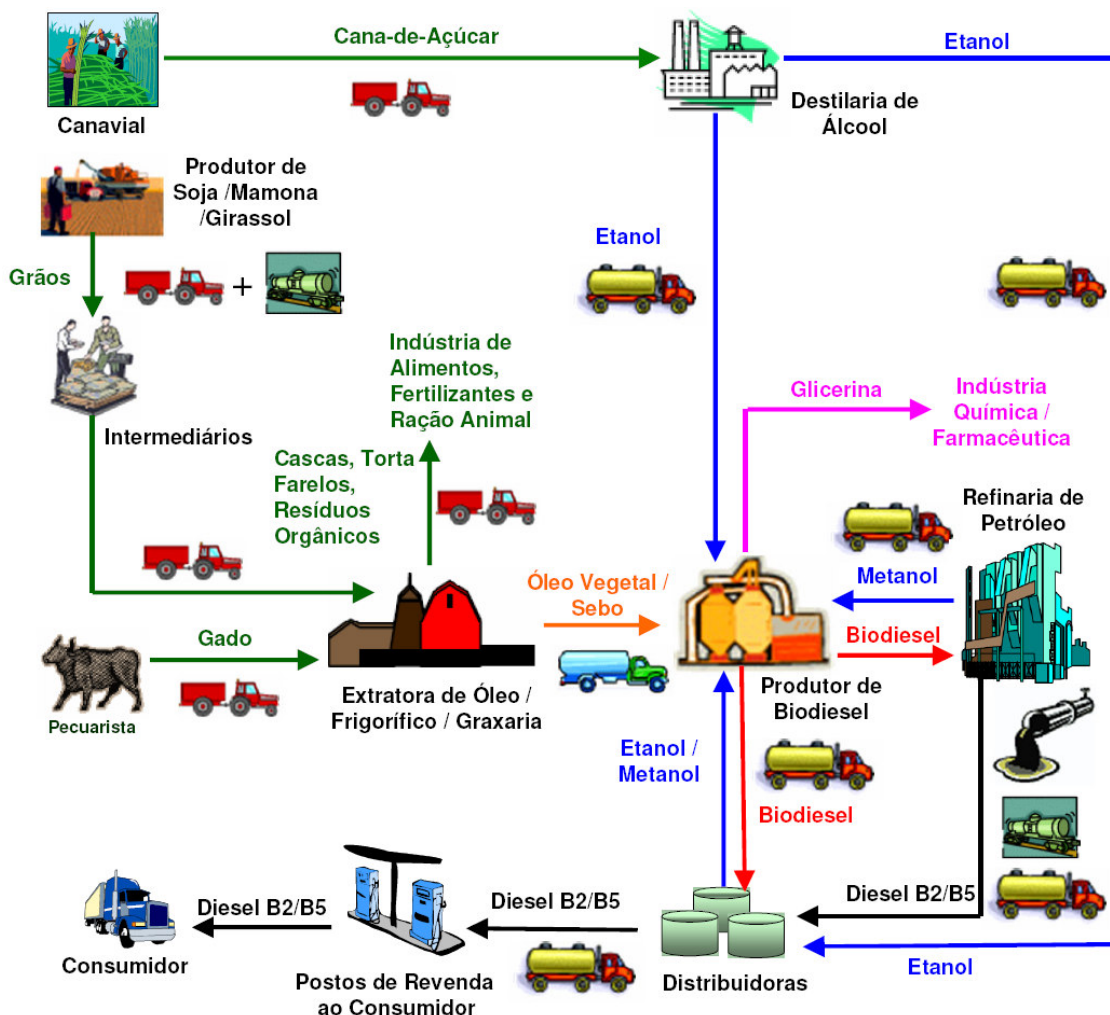


Figura 8.7: Modelo de produtivo de biodiesel para a região Sudeste.

Os cultivos da região Sudeste e a cadeia produtiva são semelhantes àqueles descritos no caso da região Centro-Oeste, caracterizados por grandes plantações mecanizadas, tecnologia, organização e logística altamente desenvolvida.

Novamente analisando as Figuras 7.4, 8.2 e 8.3 percebe-se que o uso do etanol ou metanol na região Sudeste; revelam-se; numa primeira análise, alternativas viáveis para o produtor de biodiesel. A região Sudeste conta com a maior concentração de refinarias de petróleo, usinas sucroalcooleiras, e distribuidoras de combustíveis do Brasil e, portanto a melhor infra-estrutura e logística para o comércio destes produtos. A rede de oleodutos ligando refinarias e distribuidoras primárias é bem desenvolvida nesta região. Outro fato importante é a concentração do maior mercado consumidor de combustíveis brasileiro.

O transporte dos insumos envolvidos na produção do biodiesel é feito através de rodovias e em menor escala ferrovias tanto para transporte

agrícola como de combustíveis. O transporte de biodiesel através de oleodutos, da mesma forma que em outras regiões brasileiras está sendo estudado.

8.2.5 REGIÃO SUL

O modelo produtivo da região Sul é muito semelhante ao da região Sudeste apresentado anteriormente. As matérias-primas utilizadas são a soja, a colza, o girassol e o sebo bovino. A Figura 8.8 ilustra o modelo de produção proposto.

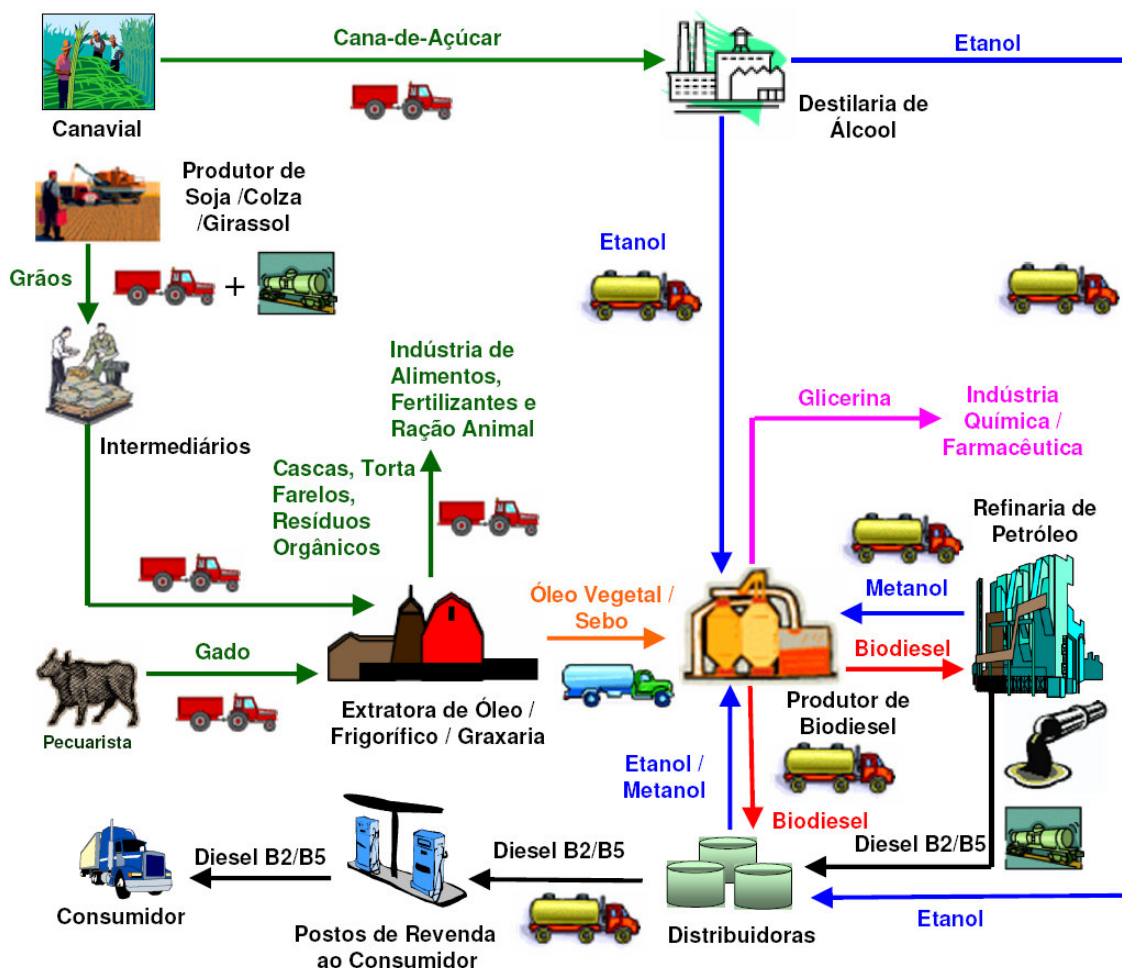


Figura 8.8: Modelo de produtivo de biodiesel para a região Sul.

O modelo produtivo para a região Sul é semelhante ao da região Sudeste. Os cultivares são caracterizados por grandes plantações mecanizadas, tecnologia, e logística desenvolvida. A única exceção é o caso da colza que é ainda uma cultura em desenvolvimento na região.

Quanto ao uso do etanol ou metanol, pode-se dizer que numa primeira análise, ambas as alternativas são viáveis para o produtor de biodiesel. Na região norte do Paraná existe uma grande concentração de usinas sucroalcooleiras que podem abastecer toda a região.

Por outro lado existem três refinarias de petróleo (REFAP – Refinaria Alberto Pasqualini, REPAR-Refinaria Presidente Getúlio Vargas e RPISA – Refinaria de Petróleo Ipiranga – Rio Grande) localizadas no Paraná e no Rio Grande do Sul que escoam sua produção para as distribuidoras através de oleodutos e ferrovias. Desta forma existe a disponibilidade dos dois álcoois em toda a região.

O transporte dos insumos envolvidos na produção do biodiesel é feito através de rodovias e ferrovias tanto para o transporte agrícola como de combustíveis. O transporte de biodiesel através de oleodutos, da mesma forma que em outras regiões brasileiras está sendo estudado.

8.3 CONCLUSÕES

Neste capítulo foram propostos modelos para a produção de biodiesel em cada uma das cinco regiões brasileiras levando-se em conta as matérias-primas e possibilidades de cada localidade.

Analisando-se as cadeias produtivas de cada região verifica-se que a infra-estrutura de transporte, distribuição e venda do biodiesel no varejo será a mesma utilizada para os combustíveis fósseis. Fato semelhante ocorre no setor agrícola de cada processo.

De modo geral pode-se dizer que a logística do setor de biodiesel brasileiro, a curto prazo, é satisfatória para o estabelecimento das metas de produção previstas na legislação e nos programas de difusão do biocombustível.

Entretanto a longo prazo, com a popularidade do biodiesel, o desenvolvimento de tecnologia de motores especiais e o aumento da demanda, os modelos produtivos de cada região e os canais de distribuição deverão ser re-estruturados focando mais os centros produtores de matérias-primas, os mercados regionais e os produtores de biodiesel.

9 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL

Ao longo deste estudo foram analisados os fatores influentes na produção de biodiesel no Brasil e no mundo. Questões técnicas, sociais, políticas e econômicas foram discutidas em detalhe com o objetivo de proporcionar ao leitor uma visão do estado da arte do tema.

Neste capítulo, a partir dos conceitos abordados anteriormente, será desenvolvido um estudo de viabilidade econômica da produção de biodiesel no Brasil. De uma forma geral, esta análise será dividida em 4 partes brevemente descritas a seguir:

a) Parte-1: Biodiesel como um Investimento Financeiro.

Nesta parte serão discutidas as motivações e os riscos envolvidos nos investimentos na produção de biodiesel. Além disso, será analisada a influência do mercado de óleos vegetais e do diesel mineral no mercado de biodiesel e na tomada de decisão do investidor.

b) Parte-2: Metodologia para a Construção de um Modelo para Estudo de Viabilidade Econômico-Financeira de uma Planta Industrial para a Produção de Biodiesel.

Nesta parte serão apresentadas todas as premissas, parâmetros e ferramentas empregadas na elaboração de um modelo para a simulação de cenários econômico-financeiros relacionados à produção e comercialização de biodiesel nas cinco regiões brasileiras. Num segundo momento será apresentado um descritivo do modelo gerado e das suas características operacionais.

c) Parte-3: Simulação

Nesta parte serão definidos cenários econômico-financeiros que serão simulados no modelo proposto na parte 2 a partir dos estudos técnicos já realizados. Em seguida os resultados serão compilados e analisados na Parte 4.

d) Parte-4: Estudo de Viabilidade Econômica

Nesta parte os resultados obtidos na simulação serão analisados em detalhe com o objetivo de definir as condições mais favoráveis economicamente em cada região e a âmbito nacional para o investimento na produção de biodiesel brasileira.

9.1 BIODIESEL COMO UM INVESTIMENTO FINANCEIRO

A pesquisa e o desenvolvimento de fontes alternativas de energia com a finalidade de preservação ambiental, geração de emprego, renda e principalmente a gradual extinção dos combustíveis fósseis da matriz energética mundial, por si só, justificam todos os esforços e investimentos empregados no setor.

Entretanto todos os benefícios citados são sobrepujados pela dinâmica econômica do mercado mundial de energia onde os fornecedores emergentes das chamadas “energias alternativas” concorrem de forma desigual com os fornecedores tradicionais, os quais já contam com sua infra-estrutura já instalada e, portanto, custos menores.

Do ponto de vista econômico, energia é um produto atrelado às leis de mercado; onde os lucros indiretos relacionados a questões sociais e ambientais são intangíveis para o investidor financeiro; não sendo considerados na tomada de decisão do mesmo. Desta forma, tornar viável e atrativo este tipo de investimento para o capital privado significa criar programas de isenção fiscal e de incentivos governamentais.

Os conceitos discutidos acima são aplicados de maneira similar no contexto do mercado de biodiesel.

No mercado específico de aplicação do biodiesel, o diesel mineral destaca-se como concorrente direto daquele produto. Os preços de venda do biodiesel, dependendo da matéria-prima e processo de produção empregados, podem chegar a ser 1,5 a 3,0 vezes mais elevados que o diesel mineral (MACEDO; NOGUEIRA, 2005).

Outra questão que deve ser abordada são os processos de hidrotreamento do diesel mineral como o H-BIO, desenvolvido pela Petrobras. Menores gastos de material de origem fóssil; bem como a melhoria da qualidade do diesel produzido e a inserção de uma parcela de matéria-prima renovável (óleo vegetal) no processo podem viabilizar a redução do volume de biodiesel necessário no mercado; caso os custos de produção de diesel via H-BIO sejam competitivos. Dessa forma, considerando-se que um dos objetivos da inclusão do biodiesel na matriz energética brasileira é a redução da utilização de combustíveis fósseis, o refino de diesel mineral através do processo H-BIO deve ser analisado na conjuntura do mercado brasileiro de biodiesel.

Como visto ao longo deste estudo, a indústria do biodiesel é muito recente no Brasil, a infra-estrutura e o mercado estão estruturando-se. O governo brasileiro com base no Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel e com apoio da Petrobras está realizando esforços no âmbito legislativo e operacional para a consolidação das regras do mercado de biodiesel brasileiro.

Buscando contornar o problema da disparidade dos custos de produção do diesel mineral e do biodiesel, a Petrobras e o governo brasileiro

estão estabelecendo formas de estender os programas de isenção fiscal e os incentivos a produção já existentes. Atualmente os produtores contam com alíquotas de impostos de PIS e COFINS reduzidas bem como a cooperação da Petrobras no sentido de não repassar os custos da mistura de biodiesel ao diesel mineral ao consumidor final (MCT, 2007).

Como já visto nos capítulos 6 e 8, o biodiesel pode ser vendido diretamente as refinarias da Petrobras e as distribuidoras de combustíveis que são autorizadas a realizar a mistura do biodiesel com o diesel mineral, não sendo permitida a comercialização direta do produto. A compra de biodiesel pela Petrobras e as distribuidoras realiza-se na forma de leilões, organizados pela ANP, onde são firmados contratos de fornecimento de um volume pré-definido de biodiesel ao longo de um a dois anos (ANP, 2007).

Além da concorrência direta do diesel mineral, existe a concorrência indireta das indústrias de beneficiamento de óleos vegetais e alimentos, que na verdade, superam o diesel mineral neste quesito.

O biodiesel, do ponto de vista econômico, como qualquer outro produto industrializado, nada mais é do que o resultado do processamento de um grupo de diferentes matérias-primas com a finalidade de agregar valor a estas últimas, gerando, portanto, um produto final com um valor mais elevado.

Entretanto, o processo de produção do biodiesel utiliza óleos vegetais como matéria-prima principal que por si só já alcançam elevadas cotações no mercado. Em alguns casos, dependendo do óleo vegetal e do mercado, o preço de venda do mesmo pode ser maior que o do biodiesel produzido a partir dele. Para ilustrar esta situação pode-se citar o caso do óleo de mamona cuja cotação no mercado, no período da entressafra, pode chegar a R\$ 3,50 por litro, inviabilizando a utilização deste tipo de óleo para a produção de biodiesel. (ABOISSA, 2007).

Desta forma, pode-se dizer que a indústria de óleos vegetais constitui-se num dos principais concorrentes do biodiesel sob a ótica do mercado financeiro.

Então por que produzir biodiesel? É possível ter lucro com o produto?

Do ponto de vista econômico-financeiro é importante frisar que investir com sucesso na produção de biodiesel significa agregar valor a óleos e gorduras vegetais, isto é, verificar se o preço de venda do biodiesel no mercado é maior do que o preço do óleo vegetal utilizado para fabricá-lo.

Atualmente, as plantas produtoras de biodiesel e as extratoras de óleos vegetais trabalham em parceria na medida que a produção de biodiesel só é viável nesta modalidade, pois adquirir óleos no mercado e processá-los inviabiliza o produto. Além disso, toda a cadeia pode beneficiar-se das isenções fiscais relativas ao Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. Esta temática foi discutida nos capítulos 6 e 8.

Mesmo assim é difícil para o produtor avaliar a viabilidade da produção de biodiesel na medida que o mesmo é vendido nos leilões a um preço fixo durante o prazo de vigência do contrato de fornecimento e concorre diretamente com o óleo vegetal exportado, vendido a preço de mercado. O produtor de biodiesel, para a definição de um preço de venda seguro, têm que realizar uma série de estimativas das variações do câmbio do dólar, dos preços dos óleos vegetais no mercado nacional e internacional, e enfim concretizar negociações financeiras que garantam, com a venda do biodiesel, ao menos, a mesma rentabilidade da venda do óleo. As margens de erro envolvidas nestas projeções são altas e, portanto os riscos também são altos (BOUÇAS, 2006; MONTEIRO, 2007).

Muitos produtores que venderam biodiesel nos últimos leilões estão tendo prejuízos devido às oscilações das cotações dos óleos vegetais no mercado internacional (BOUÇAS, 2006; MONTEIRO, 2007).

Investidores, produtores e autoridades do setor de biodiesel afirmam que ao se confirmar o descumprimento dos contratos; o programa do biodiesel corre sérios riscos de não se desenvolver na medida que recursos privados destinados ao setor são direcionados a outros fins. (BOUÇAS, 2006).

Estes problemas existentes atualmente no setor produtivo de biodiesel assemelham-se ao fenômeno ocorrido em meados da década de 80, quando os usineiros deixaram de produzir álcool anidro combustível para fabricar açúcar, na época um produto mais rentável. Tal fato provocou uma das mais graves crises de abastecimento já vividas no Brasil (BOUÇAS, 2006; MONTEIRO, 2007).

O investimento na produção de biodiesel, do ponto de vista econômico-financeiro, justifica-se a partir de dois fatores relevantes: a alta dos preços do petróleo no mercado internacional e a possibilidade de agregar valor aos óleos vegetais. Esta conjuntura, como analisado anteriormente, resulta na valorização do biodiesel no mercado viabilizando sua produção.

Por outro lado, na situação econômica presente, os níveis de preço alcançados pelo petróleo ainda tornam o biodiesel mais caro. Os preços dos óleos vegetais estão à mercê de externalidades do mercado interno e internacional que podem refletir de forma positiva ou negativa no setor.

No longo prazo, este cenário vai mudar na medida que os combustíveis fósseis se tornarão mais caros e escassos, e os bicompostíveis terão papel importante na matriz energética mundial. O Brasil, devido a sua vocação agrícola e geografia privilegiada, será cada vez mais foco dos investimentos neste setor, fato que já ocorre na produção de etanol.

Atualmente o mercado de biodiesel brasileiro atravessa momentos de incerteza devido à fase embrionária que o mesmo se encontra e a volatilidade econômica dos insumos envolvidos na cadeia produtiva. As análises financeiras para o investimento no setor devem levar em conta o retorno a longo prazo e os riscos inerentes deste mercado

extremamente dependente de condições climáticas e mercados internacionais.

Neste ínterim, a exemplo de outros países, os programas de incentivo, divulgação da produção e do uso do biodiesel no Brasil devem ser intensificados visando o preparo da infra-estrutura necessária para a demanda futura deste mercado emergente. Além disso, os programas de incentivo promovidos pelo governo brasileiro, e a isenção de impostos federais serão determinantes para a consolidação deste mercado.

A seguir os conceitos abordados nesta seção serão ilustrados e quantificados através da modelagem e simulação de uma série de cenários econômico-financeiros relacionados à conjuntura do mercado brasileiro de biodiesel.

9.2 METODOLOGIA PARA A CONSTRUÇÃO DE UM MODELO PARA O ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DE UMA PLANTA INDUSTRIAL PARA A PRODUÇÃO DE BODIESEL

Elaborar um modelo para o estudo de viabilidade econômico-financeira para uma planta de biodiesel significa ponderar e quantificar os fatores influentes no mercado do produto; exaustivamente analisados ao longo deste estudo.

Como exposto anteriormente, a conjuntura do biodiesel no Brasil é extremamente complexa e, para estudá-la, propõem-se um modelo que permitirá a avaliação de múltiplos cenários econômico-financeiros. A partir dos resultados fornecidos por este modelo será possível avaliar a viabilidade de investimentos no setor através da mensuração dos riscos, desembolsos e lucros projetados.

O modelo proposto será baseado na aplicação de técnicas de engenharia econômica para a avaliação de cenários em situação de certeza e incerteza das variáveis de entrada e saída dos mesmos.

Para tanto serão utilizados dois softwares, o *Excel* da *Microsoft* e o *@RISK* da *Palisade Decision Tools*.

O *Excel* é uma ferramenta popular para a elaboração de planilhas eletrônicas que será utilizada para a construção de uma planilha que englobará os parâmetros financeiros (custos de insumos, lucros, despesas, investimentos, fluxo de caixa, impostos, taxas de juros dentre outros.) para a avaliação financeira de um projeto.

O *@RISK* é um software dedicado para a análise de risco e de sensibilidade de cenários econômicos através de planilhas eletrônicas geradas no software *Excel* que expressem o cenário a ser analisado. As análises de risco e sensibilidade são feitas a partir da atribuição de distribuições de probabilidade a cada variável de entrada da planilha eletrônica. A partir da entrada destes parâmetros o software *@RISK*

pode gerar distribuições de probabilidade e sensibilidade para uma gama infinita de valores atribuídos a cada variável de saída. Desta forma pode-se dizer que cada variável pode ser classificada em quatro categorias: variável de entrada em situação de certeza, variável de saída em situação de certeza, variável de entrada em situação de incerteza e variável de saída em situação de incerteza.

A Figura 9.1 mostra um fluxograma das etapas de utilização conjunta do *Excel* e do *@RISK*.

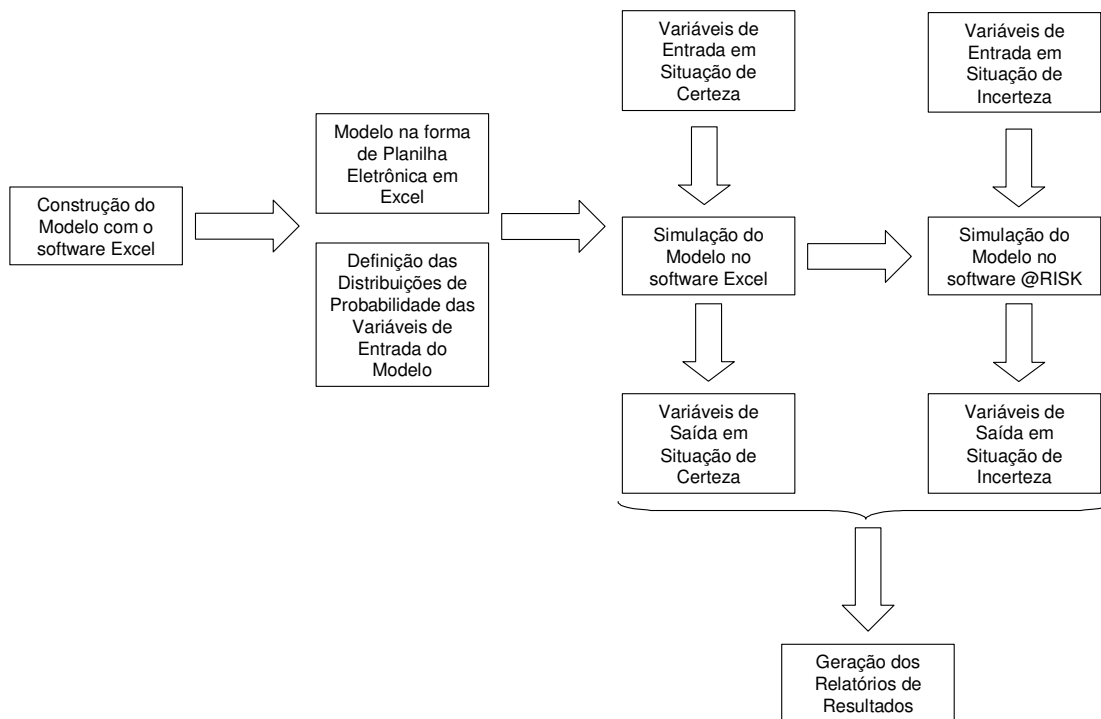


Figura 9.1: Fluxograma de utilização dos softwares *Excel* e *@RISK*.

A seguir será feito um descritivo detalhado da metodologia de elaboração do modelo e da definição de todos os parâmetros de todas as variáveis de entrada e saída.

Na Figura 9.2, na página seguinte, é mostrada a planilha gerada em *Excel* para o modelo de análise econômico-financeira para uma planta industrial para a produção de biodiesel.

Na Figura 9.3 é mostrada uma planilha auxiliar daquela apresentada na Figura 9.2; intitulada Tabela de Dados da Planta.

Na Tabela B.1 é apresentado o memorial de cálculo de todo o modelo.

Nas planilhas mostradas nas Figuras 9.2 e 9.3 citadas, a grade de coordenadas padrão do *Excel* constituída por letras em ordem alfabética na sua abscissa e números em ordem crescente na sua ordenada foi mantida na medida que esta grade será utilizada como

referência para a descrição do conteúdo da planilha e no memorial de cálculo apresentado.

É importante ressaltar que para facilitar a inserção de valores e fórmulas específicas do software *@RISK* foi feita uma planilha espelho dedicada à utilização deste software. Desta forma, na Figura 9.2 são apresentadas duas planilhas semelhantes. A primeira delas é dedicada às simulações do modelo econômico-financeiro em situação de certeza, utilizando-se somente o *Excel* e a segunda planilha é destinada às análises de incerteza no software *@RISK*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3		CENÁRIO											
4		REGIÃO	1										
5		TRANSESTERIFICAÇÃO	NORTE										
6		MATÉRIA-PRIMA	ETILICA										
7		SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	DEMDÉ										
8			MÃO										
9		ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS											
10		PIS (reduzido para biodiesel)		0,37%									
11		COFINS (reduzido para biodiesel)		1,71%									
12		PIS		1,65%									
13		COFINS		7,60%									
14		ICMS?		7,00%									
15		ICMS DO ESTADO		7,00%									
16		ICMS DO ESTADUAL BIODIESEL		12,00%									
17		ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL		18,00%									
18		CPMF		0,38%									
19		CIDE		0,00%									
20		IPF		0,00%									
21		Imposto de Renda (IR)		25,00%									
22		Fator de Produção da Planta (FPP)		100,00%									
23		Dólar		2,00									
24		Taxa de Juros (T.J.)		11,00%									
25		Taxa de Realizate Despesas Administrativas		2,00%									
26		Taxa de Realizate (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)		8,00%									
27													
28		Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos								
29		Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00								
30		Óleo de Mamona	Tonelada	0,00	0,00								
31		Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00								
32		Óleo de Dendê	Tonelada	797,89	936,26								
33		Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00								
34		Sebo Bovino	Tonelada	0,00	0,00								
35		Etanol	Tonelada	1.943,27	2.163,96								
36		Metanol	Tonelada	0,00	0,00								
37		Água	Tonelada	9,57	11,23								
38		Ácido Clorídrico	Tonelada	851,07	988,66								
39		Etilenoglicol	Tonelada	6.265,95	6.871,45								
40		Hidróxido de Sódio	Tonelada	728,26	798,65								
41		Aditivos	Tonelada	500,00	586,71								
42		Energia	Mv/h	214,55	251,76								
43		Gás Natural	Tonelada	1.768,28	2.063,20								
44													
45		Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário							
46		Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.731,12	2.163,30							
47		Glicerina	Tonelada	-	0,00	1.408,10							
48		Ácidos Graxos/Sabões	Tonelada	-	0,00	1.408,10							

Figura 9.2: Planilha em Excel do modelo.

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
		FLUXO DE CAIXA													
		ANO													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
50															
51															
52															
53															
54															
55															
56															
57															
58															
59															
60															
61															
62															
63															
64															
65															
66															
67															
68															
69															
70															
71															
72															
73															
74															
75															
76															
77															
78															
79															
80															
81															
82															
83															
84															
85															
86															
87															
88															
89															
90															
91															
92															
93															
94															
95															
96															
97															
98															
99															
100															
101															
102															
103															
104															
105															
106															
107															
108															
109															
110															
111															
112															
113															
114															
115															

Figura 9.2: Planilha em Excel do modelo (continuação).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS												
117												
118												
119	CENÁRIO	1										
120	REGIÃO	MORTE										
121	TRANSFERÊNCIA	ÉTICA										
122	MATERIA-PRIMA	DEVIDE										
123	SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	NÃO										
124												
125	ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS											
126	PIS (reduzido para Biodiesel)		0,37%									
127	COFINS (reduzido para Biodiesel)		1,7%									
128	PIS		1,65%									
129	COFINS		7,60%									
130	ICMS7		7,00%									
131	ICMS DO ESTADO		7,00%									
132	ICMS DO ESTADUAL BIODIESEL		12,00%									
133	ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL		18,00%									
134	CPMF		0,38%									
135	CIDE		0,00%									
136	IP1		0,00%									
137	Imposto de Renda (IR)		25,00%									
138	Fator de Produção da Planta (FPP)		93,33%									
139	Dólar		2,00									
140	Taxa de Juros (TJ)		11,00%									
141	Taxa de Reajuste Despesas Administrativas		2,00%									
142	Taxa de Reajuste (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)		8,00%									
143												
144	Insunso / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos	Preço de Venda com Impostos Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário						
145	Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00								
146	Óleo de Mamona	Tonelada	0,00	0,00								
147	Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00								
148	Óleo de Dendê	Tonelada	797,89	936,26								
149	Óleo de Colza	Tonelada	0,00	0,00								
150	Sebo Bovino	Tonelada	1,849,27	2,163,96								
151	Etanol	Tonelada	0,00	0,00								
152	Metanol	Tonelada	9,57	11,23								
153	Água	Tonelada	851,07	998,66								
154	Ácido Clorídrico	Tonelada	6,265,85	6,871,45								
155	Etilenoglicol	Tonelada	728,26	798,85								
156	Hidróxido de Sódio	Tonelada	600,00	566,71								
157	Aditivos	M³/h	214,55	251,76								
158	Energia	Tonelada	1,758,28	2,063,20								
159	Gás Natural	Tonelada										
160												
161	Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário						
162	Biodiesel	Tonelada	3,12%	2,096,34	2,163,90	2,483,38						
163	Glicerina	Tonelada	-	0,00	445,32	522,85						
164	Ácidos Graxos/Sabões	Tonelada	-	0,00	445,32	522,85						
165												

Figura 9.2: Planilha em Excel do modelo (continuação).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
166													
167													
168													
169													
170													
171													
172													
173													
174													
175													
176													
177													
178													
179													
180													
181													
182													
183													
184													
185													
186													
187													
188													
189													
190													
191													
192													
193													
194													
195													
196													
197													
198													
199													
200													
201													
202													
203													
204													
205													
206													
207													
208													
209													
210													
211													
212													
213													
214													
215													
216													
217													
218													
219													
220													
221													
222													
223													
224													
225													
226													
227													
228													
229													
230													
231													

Figura 9.2: Planilha em Excel do modelo (continuação).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1		DADOS GERAIS - PLANTA DE TRANSESTERIFICAÇÃO								DADOS GERAIS - PLANTA DE PRÉ TRATAMENTO				
2		Área da Planta: 6000 m ² (vide nota-3)								Área da Planta: (vide nota-1)				
3		Ciclo de Trabalho: 47 semanas/ano - 24 horas/dia								Ciclo de Trabalho: 47 semanas/ano - 24 horas/dia				
4														
5														
6			TRANSESTERIFICAÇÃO ETÍLICA		TRANSESTERIFICAÇÃO METÍLICA					ESTERIFICAÇÃO		ESTERIFICAÇÃO		
7		Matérias-Primas	Kg/ano	KW/ano	Kg/ano	KW/ano				ETÍLICA		METÍLICA		
8		Óleo	37.472.803	-	37.472.803	-			Matéria-Primas	Kg/ano	KW/ano	Kg/ano	KW/ano	
9		Água	7.900.000	-	7.900.000	-			Óleo Bruto - Ácidos Graxos Livres (>4,5%)	37.472.803	-	37.472.803	-	
10		Etanol / Metanol	4.862.894	-	3.366.619	-			Etanol/Metanol	91.968	-	67.473	-	
11		Ácido Clorídrico	2.314.752	-	2.314.768	-			Ácido Clorídrico	1.499	-	1.499	-	
12		Etilenoglicol	534.918	-	-	-			Etilenoglicol	116.427	-	-	-	
13		Hidróxido de Sódio	1.291.562	-	1.291.562	-			Hidróxido de Sódio	49	-	49	-	
14		Aditivos	3.521.681	-	3.521.681	-			Glicerina	195	-	195	-	
15		Energia	-	1.638.000	-	1.008.000			Energia	-	546.000	-	336.000	
16		Gás Natural(m ³ /ano)	310.200	-	189.666	-			Gás Natural(m ³ /ano)	103.400	-	63.222	-	
17														
18			TRANSESTERIFICAÇÃO ETÍLICA		TRANSESTERIFICAÇÃO METÍLICA					ESTERIFICAÇÃO		ESTERIFICAÇÃO		
19		Produtos	Kg/ano		Kg/ano					ETÍLICA		METÍLICA		
20		Biodiesel	38.738.488		38.738.488				Produtos	Kg/ano		Kg/ano		
21		Glicerina	5.850.447		4.685.834				Biodiesel	9.780.402		9.780.402		
22		Cloreto de Sódio	2.907.003		2.104.084				Óleo Tratado - 0,5% de Ácidos Graxos Livres	27.692.402		27.692.402		
23		Ácidos Graxos/Sabões	1.135.768		1.135.768				Cloreto de Sódio	72		72		
24		Outros Efluentes	404.277		323.985				Água	98.488		79.238		
25									Outros Efluentes	9.856		7.931		

Figura 9.3: Planilha auxiliar: tabela de dados da planta.

O modelo elaborado simula o fluxo de caixa da implementação de uma planta para a produção de biodiesel de acordo com as especificações apresentadas no Capítulo 5 deste estudo. Para a elaboração da planilha preocupou-se em considerar os fatores determinantes para análise, deixando de considerar aspectos irrelevantes para o objeto em questão. Desta forma, a seguir são descritas premissas com as referências utilizadas para a elaboração do modelo:

a) considerou-se que o capital a ser investido no projeto será oriundo de empréstimos bancários em linhas de crédito especiais para o investimento em biodiesel. A taxa de juros utilizada foi de 11% ao ano com um prazo de 10 anos para pagamento. A coluna “B” da planilha do modelo econômico-financeiro apresentado na Figura 9.2 representa o marco “zero” operacional do empreendimento, onde são contabilizados os custos do capital e as despesas administrativas para a implementação da planta industrial, levando-se em conta, também, os prazos de carência para início de pagamento dos empréstimos e encargos. (CAVALCANTI, 2006; BB, 2006; BN, 2006);

b) considerou-se que a depreciação anual da planta é igual a 10% do valor total do custo da planta (HAAS *et al*, 2006);

c) considerou-se que o custo anual de tratamento de efluentes é igual a 10% do valor total do custo das matérias-primas utilizadas no processo (ULRICH, 1984);

d) considerou-se que o custo de frete e transportes de materiais é igual a 15% (valor empírico baseado em práticas comuns do mercado) do valor total do custo das matérias-primas utilizadas no processo;

e) considerou-se que o capital investido necessário para o empreendimento é igual à soma dos custos de mão-de-obra, manutenção e despesas administrativas da planta (células “C82”, “C83” e “B84”);

f) considerou-se que as taxas de reajuste dos custos de mão-de-obra, manutenção e despesas administrativas são 8%, 8% e 2% ao ano, respectivamente. Estas taxas foram baseadas em índices de aumentos médios anuais de mão-de-obra, oriundos de acordos coletivos entre sindicatos de trabalhadores e empresas vinculadas aos ramos metalúrgico, industrial e da construção civil dentre outros;

g) considerou-se para o cálculo do valor presente líquido do projeto a taxa de desconto de 11%, isto é, a mesma taxa de juros cobrada por instituições financeiras quando da liberação de crédito ao mercado (CAVALCANTI, 2006; BB, 2006; BN, 2006);

h) para o cálculo do custo da tonelada de biodiesel (célula “D45”) foram considerados o total dos custos anuais das matérias-primas utilizadas, os custos totais anuais de operação da planta e a receita obtida com a venda dos subprodutos (glicerina e os ácidos graxos). Analisando-se a composição de custos do consumo de álcoois envolvidos no processo, é claramente percebida a viabilidade do investimento no reciclo dos subprodutos;

i) considerou-se o custo das matérias-primas vinculado ao dólar americano;

j) a margem de lucro adotada para o cálculo do preço de venda do biodiesel foi de 20%.

k) considerou-se a alíquota de 25% imposto de renda aplicada aos lucros anuais das plantas;

l) a referência de preços, cotações de matérias-primas e equipamentos foram coletadas no mercado em maio de 2007. Para uma referência mais detalhada verifique a Tabela 9.1 a seguir, e a Tabela B.2 apresentada no Anexo-B;

m) os custos anuais das matérias-primas e do biodiesel bem como o preço de venda do mesmo foram considerados constantes durante o horizonte analisado. Esta premissa foi adotada na medida que a variação das cotações das matérias-primas e do biodiesel ao longo dos anos é de difícil avaliação sendo que a atribuição de uma taxa de reajuste para estas grandezas refletiria de forma negativa nos resultados do modelo. A alta ou baixa significativa nos custos das matérias-primas que possam ocorrer no período analisado serão absorvidas pela margem de lucro no preço de venda do biodiesel e pelo desvio dos custos de referência atribuídos a equipamentos, fretes, serviços dentre outros parâmetros. Além disso, a variação de custos e as incertezas das variáveis citadas são consideradas através das simulações no software *@RISK*;

- n) não foram consideradas nas análises de viabilidade econômica a variação das cotações dos óleos vegetais no mercado da indústria alimentícia;
- o) considerou-se que os preços de venda do biodiesel não consideram o valor de frete do produto da planta de produção até a refinaria ou distribuidora. Nos leilões os preços de venda praticados não incluem os custos de frete; sendo estes absorvidos pela Petrobras ou pelas distribuidoras (BOUÇAS, 2006, ANP, 2007);
- p) o modelo de amostragem de valores aleatórios utilizado no *@RISK* para as simulações é o de Monte Carlo;
- q) o sistema de amortização de capitais utilizado foi o de pagamentos uniforme, conhecido como *price*.

Atentando-se as linhas número 3 a 43, e nas células “B85”, “B93”, “B94”, “C83” e “C84” da Figura 9.2; têm-se as células destinadas as variáveis de entrada do modelo. Estas variáveis englobam a identificação do cenário simulado, alíquotas de impostos, taxas de juros e reajustes, custos de matérias-primas, despesas, capital investido, custos de equipamentos dentre outros parâmetros.

Nas linhas 46 a 48, e nas células “B115”, “B231” e “D162”, têm-se as variáveis de saída do modelo que serão utilizadas para a geração dos relatórios de resultados para cada cenário simulado. Estes relatórios conterão planilha similar à apresentada na Figura 9.2, as simulações geradas no software *@RISK* e gráficos representativos dos resultados. No Anexo-C são apresentados estes relatórios.

Nas Tabelas 9.1 e 9.2 são apresentados todos os parâmetros e referências das variáveis de entrada e de saída do modelo apresentado.

9.3 SIMULAÇÃO

A partir do modelo elaborado anteriormente serão feitas simulações de 30 cenários pertinentes à conjuntura econômica do mercado de biodiesel nas cinco regiões do Brasil. Os critérios utilizados para elaboração dos cenários foram a região, a certificação com selo combustível social, o tipo de oleaginosa e o tipo de álcool usados na produção.

O descritivo destes cenários e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 9.3 e nos relatórios contidos no Anexo-C.

Tabela 9.1: Parâmetros utilizados para as variáveis de entrada do modelo.

Item (*)	Variável de Entrada	Unidade	Valores Atribuídos por Região					Distribuição de Probabilidade Adotada para Simulação de Cenário em Situação de Incerteza
			Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	
1	PIS (reduzido para biodiesel)	%	0,37	0,37	0,54	0,54	0,54	-
2	COFINS (reduzido para biodiesel)	%	1,71	1,71	2,51	2,51	2,51	-
3	PIS (reduzido para biodiesel), considerando Selo Combustível Social	%	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	-
4	COFINS (reduzido para biodiesel), considerando Selo Combustível Social	%	0,00	0,00	0,79	0,79	0,79	-
5	PIS	%	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	-
6	COFINS	%	7,60	7,60	7,60	7,60	7,60	-
7	ICMS7 (alíquota fixa de 7%)	%	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	-
8	ICMS DO ESTADO	%	12,00	7,00	12,00	12,00	12,00	-
9	ICMS ESTADUAL BODIESEL	%	12,00	17,00 e 12,00 (Nota-7)	12,00	18,00 e 12,00 (Nota-7)	17,00 e 12,00 (Nota-7)	-
10	ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	%	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	-
11	CPMF	%	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	-
12	CIDE	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
13	IPI	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
14	Imposto de Renda (IR)	%	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	-
15	Fator de Produção da Planta (FPP)	%	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	Triangular
16	Dólar	R\$	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	Triangular
17	Taxa de Juros (TJ)	%	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	-
18	Taxa de Reajuste Despesas Administrativas	%	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	-
19	Taxa de Reajuste (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)	%	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	-
20	Óleo de Soja	R\$/tonelada	-	-	1.100,00	1.100,00	1.100,00	Triangular
21	Óleo de Mamona	R\$/tonelada	-	940,74	940,74	940,74	940,74	Triangular
22	Óleo de Girassol	R\$/tonelada	-	-	684,35	684,35	684,35	Triangular
23	Óleo de Dendê	R\$/tonelada	797,89	797,89	-	-	-	Triangular
24	Óleo de Canola	R\$/tonelada	-	-	-	-	1.118,75	Triangular
25	Sebo Bovino	R\$/tonelada	-	-	650,00	650,00	650,00	Triangular
26	Etanol	R\$/tonelada	1.849,27	1.495,65	1.213,06	808,71	879,47	Triangular
27	Metanol	R\$/tonelada	1.307,99	1.089,99	2.246,40	1.953,39	2.285,47	Triangular
28	Água/Esgoto	R\$/tonelada	9,57	11,22	9,60	18,68	32,71	Triangular
29	Ácido Clorídrico	R\$/tonelada	851,07	723,41	727,41	632,53	740,06	Triangular
30	Etilenoglicol	R\$/tonelada	6.265,85	5.325,97	5.355,42	4.656,89	5.448,56	Triangular
31	Hidróxido de Sódio	R\$/tonelada	728,28	619,02	633,27	550,67	644,29	Triangular
32	Aditivos	R\$/tonelada	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	Triangular
33	Energia	MWh	214,55	206,14	213,30	219,59	198,85	Triangular
34	Gás Natural	R\$/tonelada	1.758,28	1.265,96	1.597,20	1.064,80	1.557,27	Triangular
35	Glicerina	R\$/tonelada	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	Gama
36	Ácidos Graxos	R\$/tonelada	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	Gama
37	Custo Anual de Mão-de-Obra (Operação, Manutenção e Supervisão)	R\$	-	2.119.700,00	-	-	-	Normal
38	Custo Anual de Manutenção da Planta Industrial	R\$	-	321.300,00	-	-	-	Normal
39	Despesas Administrativas da Planta Industrial	R\$	-	262.500,00	-	-	-	Normal
40	Depreciação da Planta Industrial	R\$	-	5.033.151,00	-	-	-	-
41	Tratamento de Efluentes	R\$	-	considerado 10% do valor do custo anual de matérias-primas	-	-	-	-
42	Frete e Transportes (15% do valor do produto)	R\$	-	considerado 15% do valor do custo anual de matérias-primas	-	-	-	-
43	Custo de Construção das Instalações e Compra dos Equipamentos da Planta Industrial	R\$	-	50.331.510,00	-	-	-	Normal
44	Capital de Giro	R\$	-	2.703.500,00	-	-	-	-

PARÂMETROS PARA DEFINIÇÃO DE CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES NO SOFTWARE @RISK										
Item	Variável de Entrada	Unidade	Distribuição de Probabilidade Adotada para Simulação de Cenário em Situação de Incerteza	Valor Mínimo	Valor de Referência	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão	Parâmetro de Forma (alfa)	Parâmetro de Escala (beta)
1	Fator de Produção da Planta (FPP)	%	Triangular	=0,8*VR	VR	=1,0*VR	-	-	-	-
2	Dólar	R\$	Triangular	=1,0*VR	VR	=1,5*VR	-	-	-	-
3	Óleo de Soja	R\$/tonelada	Triangular	=1,0*VR	VR	=1,5*VR	-	-	-	-
4	Óleo de Mamona	R\$/tonelada	Triangular	=1,0*VR	VR	=1,5*VR	-	-	-	-
5	Óleo de Girassol	R\$/tonelada	Triangular	=1,0*VR	VR	=1,5*VR	-	-	-	-
6	Óleo de Dendê	R\$/tonelada	Triangular	=1,0*VR	VR	=1,5*VR	-	-	-	-
7	Óleo de Canola	R\$/tonelada	Triangular	=1,0*VR	VR	=1,5*VR	-	-	-	-
8	Sebo Bovino	R\$/tonelada	Triangular	=1,0*VR	VR	=1,5*VR	-	-	-	-
9	Etanol	R\$/tonelada	Triangular	=1,0*VR	VR	=1,5*VR	-	-	-	-
10	Metanol	R\$/tonelada	Triangular	=1,0*VR	VR	=1,5*VR	-	-	-	-
11	Água/Esgoto	R\$/tonelada	Triangular	=0,8*VR	VR	=1,2*VR	-	-	-	-
12	Ácido Clorídrico	R\$/tonelada	Triangular	=0,8*VR	VR	=1,2*VR	-	-	-	-
13	Etilenoglicol	R\$/tonelada	Triangular	=0,8*VR	VR	=1,2*VR	-	-	-	-
14	Hidróxido de Sódio	R\$/tonelada	Triangular	=0,8*VR	VR	=1,2*VR	-	-	-	-
15	Aditivos	R\$/tonelada	Triangular	=0,8*VR	VR	=1,2*VR	-	-	-	-
16	Energia	MWh	Triangular	=1,0*VR	VR	=1,2*VR	-	-	-	-
17	Gás Natural	R\$/tonelada	Triangular	=1,0*VR	VR	=1,2*VR	-	-	-	-
18	Glicerina	R\$/tonelada	Gama	-	VR	-	-	-	1,20	171,10
19	Ácidos Graxos	R\$/tonelada	Gama	-	VR	-	-	-	1,20	171,10
20	Custo Anual de Mão-de-Obra (Operação, Manutenção e Supervisão)	R\$	Normal	-	VR	-	2.119.700,00	70.000,00	-	-
21	Custo Anual de Manutenção da Planta Industrial	R\$	Normal	-	VR	-	321.300,00	10.000,00	-	-
22	Despesas Administrativas da Planta Industrial	R\$	Normal	-	VR	-	262.500,00	8.500,00	-	-
23	Custo de Construção das Instalações e Compra dos Equipamentos da Planta Industrial	R\$	Normal	-	VR	-	50.331.510,00	1.800.000,00	-	-

(*) As referências de cada item são apresentadas a seguir:

Itens 1 a 4 – (ACCARINI, 2006)

Itens 5 A 13 – (RECEITA, 2007)

Item 16 - (CAVALCANTI, 2006; BB, 2006; BN, 2006).

Itens 19 a 24 – (ABOISSA, 2007)

Itens 25 e 26 – (ANP, 2006; BRENNTAG, 2007; CEPEA-ESALQ-USP, 2007; COPENOR, 2007; ANP, 2007;

Item 27 – (CAGECE, 2007; CESAMA, 2007; COSAMPA, 2007; SABESP, 2007; SANECAP, 2007)

Item 28 a 30 – (Brenntag, 2007; dasher, 2007)

Item 31 – Estimado pelo autor.

Item 32 – (ANEEL, 2007; ELETROPAULO, 2007)

Item 33 – (ANP, 2006)

Item 34 a 35 (QD, 2007)

Itens 36 a 43 (verificar Tabela B.1 do Anexo B)

Notas:

1- Todos os valores apresentados na Tabela 9.1 não consideram a inclusão de fretes e impostos.

2- A indicação VR na tabela dos parâmetros para a definição das curvas de distribuição de probabilidade no software *@RISK* referem-se aos valores das variáveis considerados por região mostrados nas colunas Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul.

3- Os parâmetros utilizados para a definição das distribuições de probabilidade são descritos na Tabela B.2 e nas fórmulas apresentadas no memorial de cálculo na Tabela B.1.

4- A escolha das distribuições de probabilidade para cada variável foram baseadas na especificação qualitativa, nos dados históricos disponíveis e na conjuntura econômica de cada uma delas. As distribuições triangulares são recomendadas para variáveis cujo comportamento é pouco conhecido. A distribuição normal é indicada para variáveis que são a soma de outras quantias e grandezas referentes a um objeto padrão (CALÔBA, 2005; TORRES, 2006).

A distribuição triangular foi adotada na variação de custos dos óleos vegetais e matérias-primas na medida que o comportamento das cotações destas variáveis é influenciado por fatores políticos, econômicos e naturais, de difícil avaliação e ponderação.

A distribuição normal foi adotada na variação dos custos de variáveis referentes a construção e operação da planta na medida que estas não sofrerão grandes desvios em relação aos valores de referência fixados.

A distribuição gama foi adota para simular os efeitos de queda do preço da glicerina e ácidos graxos no mercado, devido à elevação da oferta do produto devido ao crescimento de oferta do produto.

5- As variáveis que não possuem indicação do tipo de distribuição foram consideradas equiprováveis no intervalo de análise definido.

6- Os custos dos óleos adotados como referência foram considerados aqueles praticados pelas usinas de extração dos mesmos, levando-se em conta também a variação de preços de entressafra, por isso os valores considerados expressam custos médios verificados no setor, e portanto, semelhantes para as regiões consideradas (ABOISSA, 2007).

7- Os valores mínimos e máximos das variáveis de entrada foram atribuídos assumindo-se uma posição conservadora baseada em dados históricos, na conjuntura econômica e no contexto daquelas variáveis no mercado de biodiesel nos próximos dez anos. Esta temática, bem como, as análises econômicas e mercadológicas das principais matérias-primas usadas na fabricação de biodiesel foram discutidas nos Capítulos 6, 7 e 8. Desta forma, foram feitas as seguintes considerações:

a) para os custos dos óleos vegetais, álcoois e o câmbio do dólar considerou-se que os valores deles teriam a possibilidade de aumentar em até 50% sobre o valor de referência nos próximos dez anos. A possibilidade de estas variáveis terem seus custos reduzidos é muito pequena e, portanto, considerou-se que o valor mínimo seria igual ao valor de referência.

b) para os custos do gás natural e da energia elétrica considerou-se um aumento de 20% sobre o valor de referência. A possibilidade de estas variáveis terem seus custos reduzidos é muito pequena e, portanto, considerou-se que o valor mínimo seria igual ao valor de referência.

c) para os custos dos outros insumos considerou-se como valor mínimo uma redução de 20% sob o valor de referência e como valor máximo um aumento de 20% sobre o valor de referência visando simular os efeitos de mercado (oferta, demanda e externalidades) sobre as cotações dos produtos.

d) considerou-se que o fator de produção da planta poderia ser reduzido em até 20% em relação a sua capacidade nominal de produção.

8- O biodiesel de sebo bovino e de dendê possui alíquota de ICMS de 12% única em todos os estados brasileiros de acordo com resolução do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ).

Tabela 9.2: Variáveis de saída do modelo.

Item (*)	Variável de Saída	Unidade
1	Fator de Produção Mínimo para VPL=0	%
2	Valor de Margem de Lucro Mínima para VPL=0	%
3	Valor Presente Líquido	R\$
4	Probabilidade de o Valor Presente Líquido ser Positivo	%
5	Probabilidade Do Custo do Biodiesel estar entre R\$1000 -R\$1500	%
6	Custo do Biodiesel	R\$/tonelada
7	Preço de Venda Líquido do Biodiesel considerando Margem de Lucro de 20%	R\$/tonelada
8	Preço de Venda Com Impostos do Biodiesel considerando Margem de Lucro de 20%	R\$/tonelada
9	Preço de Venda Líquido do Biodiesel considerando Margem de Lucro para VPL=0	R\$/tonelada
10	Preço de Venda Com Impostos do Biodiesel considerando Margem de Lucro para VPL=0	R\$/tonelada
11	Equação do Gráfico de Custo do Biodiesel x Custo de Glicerina	-
12	Equação do Gráfico de Custo do Biodiesel x Custo de Óleo ou Gordura	-

(*) VPL = Valor Presente Líquido

Tabela 9.3 Quadros de cenários e resumo dos resultados das simulações.

Cenário	Região	Matéria Prima	Alcool	PIS (%) (Nota-1)	COFINS (%) (Nota-1)	PIS (%) (Nota-2)	COFINS (%) (Nota-2)	ICMS (%)	ICMS para Biodiesel (%) (Nota-6)	Fator de Produção Mínimo para VPL=0 (%)	Valor de Margem de Lucro Mínima para VPL=0 (%)	Valor Presente Líquido (R\$)
1	Norte	Dendê	Etilico	0,37%	1,71%	0,00%	0,00%	7,00%	12,00%	87,93%	5,31%	85.874.526,49
2	Norte	Dendê	Metilico	0,37%	1,71%	0,00%	0,00%	7,00%	12,00%	90,85%	9,10%	54.621.296,90
3	Nordeste	Mamona	Etilico	0,37%	1,71%	0,00%	0,00%	7,00%	17,00%	84,65%	0,55%	117.091.167,49
4	Nordeste	Mamona	Metilico	0,37%	1,71%	0,00%	0,00%	7,00%	17,00%	86,68%	3,46%	88.537.970,90
5	Nordeste	Dendê	Etilico	0,37%	1,71%	0,00%	0,00%	7,00%	12,00%	88,94%	6,54%	74.384.919,48
6	Nordeste	Dendê	Metilico	0,37%	1,71%	0,00%	0,00%	7,00%	12,00%	91,48%	9,87%	49.249.452,20
7	Centro-Oeste	Mamona	Etilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	12,00%	87,14%	4,26%	92.718.324,98
8	Centro-Oeste	Mamona	Metilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	12,00%	87,55%	5,05%	86.027.751,95
9	Centro-Oeste	Soja	Etilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	12,00%	85,73%	2,55%	112.384.729,96
10	Centro-Oeste	Soja	Metilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	12,00%	86,05%	3,23%	105.694.156,93
11	Centro-Oeste	Girassol	Etilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	12,00%	90,05%	7,81%	61.057.709,80
12	Centro-Oeste	Girassol	Metilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	12,00%	90,68%	8,84%	54.367.136,77
13	Centro-Oeste	Sebo	Etilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	12,00%	90,52%	8,38%	56.815.960,39
14	Centro-Oeste	Sebo	Metilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	12,00%	91,19%	9,45%	50.125.387,36
15	Sudeste	Mamona	Etilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	18,00%	84,85%	0,54%	108.378.429,72
16	Sudeste	Mamona	Metilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	18,00%	84,73%	0,76%	107.602.767,95
17	Sudeste	Soja	Etilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	18,00%	83,27%	-1,47%	131.333.587,31
18	Sudeste	Soja	Metilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	18,00%	83,14%	-1,25%	130.557.925,54
19	Sudeste	Girassol	Etilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	18,00%	88,13%	4,75%	71.423.306,93
20	Sudeste	Girassol	Metilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	18,00%	88,04%	5,00%	70.647.645,16
21	Sudeste	Sebo	Etilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	12,00%	91,92%	10,09%	45.242.041,53
22	Sudeste	Sebo	Metilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	12,00%	91,92%	10,33%	44.405.797,61
23	Sul	Colza	Etilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	17,00%	83,22%	-1,36%	135.520.926,40
24	Sul	Colza	Metilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	17,00%	83,02%	-1,25%	136.025.501,19
25	Sul	Soja	Etilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	17,00%	83,38%	-1,16%	132.882.243,63
26	Sul	Soja	Metilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	17,00%	83,18%	-1,05%	133.386.818,43
27	Sul	Girassol	Etilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	17,00%	87,96%	4,65%	74.400.400,21
28	Sul	Girassol	Metilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	17,00%	87,75%	4,73%	74.904.975,00
29	Sul	Sebo	Etilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	12,00%	91,19%	9,20%	51.059.413,51
30	Sul	Sebo	Metilico	0,54%	2,51%	0,17%	0,79%	12,00%	12,00%	91,04%	9,27%	51.355.627,31

Notas:

- 1- As alíquotas desses impostos são reduzidas de acordo com a legislação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.
- 2- As alíquotas desses impostos são reduzidas de acordo com a legislação do Selo Combustível Social integrante do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.
- 3- Na equação apresentada a variável "y" representa o custo de biodiesel e a variável "x" representa o preço de venda da glicerina.
- 4- Na equação apresentada a variável "y" representa o custo de biodiesel e a variável "x" representa o custo do óleo vegetal ou gordura.
- 5- As alíquotas de IPI e CIDE não incidem sobre os preços do biodiesel.
- 6- As alíquotas de ICMS para o biodiesel estão de acordo com a legislação específica de cada estado.

Tabela 9.3: Quadros de cenários e resumo dos resultados das simulações (continuação).

Cenário	Região	Matéria Prima	Alcool	Probabilidade de o Valor Presente Líquido ser Positivo (%)	Probabilidade Do Custo do etanol estar entre R\$1000 - R\$1500 (%)	Custo do Biodiesel (R\$/tonelada)	Preço de Venda Líquido do Biodiesel considerando Margem de 20% e Lucro de 20% (R\$/tonelada)	Preço de Venda Com Impostos do Biodiesel considerando Margem de Lucro de 20% e Social (R\$/tonelada)	Preço de Venda Com Impostos do Biodiesel considerando Margem de Lucro para VPL=0 (R\$/tonelada)	Equação do Gráfico de Custo do Biodiesel x Custo de Oleo ou Gordura (Nota-4)
1	Norte	Dendê	Etilico	54,44%	7,19%	1.731,12	2.163,90	2.432,77	1.828,20	$y = -0,151x + 1912,3$
2	Norte	Dendê	Metilico	45,52%	26,70%	1.424,22	1.780,27	2.001,48	1.566,80	$y = -0,121x + 1569,4$
3	Nordeste	Mamona	Etilico	62,87%	5,69%	1.793,79	2.242,24	2.633,39	1.803,71	$y = -0,151x + 1975$
4	Nordeste	Mamona	Metilico	58,47%	16,79%	1.548,59	1.935,74	2.273,43	1.604,10	$y = -0,121x + 1693,7$
5	Nordeste	Dendê	Etilico	51,20%	11,12%	1.615,23	2.019,03	2.269,91	1.728,26	$y = -0,151x + 1796,5$
6	Nordeste	Dendê	Metilico	43,84%	30,36%	1.370,03	1.712,54	1.925,33	1.520,06	$y = -0,121x + 1515,2$
7	Centro-Oeste	Mamona	Etilico	54,33%	5,81%	1.765,69	2.207,11	2.505,23	1.844,26	$y = -0,151x + 1946,9$
8	Centro-Oeste	Mamona	Metilico	54,56%	8,65%	1.710,10	2.137,62	2.426,35	1.801,05	$y = -0,121x + 1855,2$
9	Centro-Oeste	Soja	Etilico	59,09%	2,74%	1.964,76	2.455,96	2.787,89	2.016,18	$y = -0,151x + 2146$
10	Centro-Oeste	Soja	Metilico	56,45%	3,46%	1.909,17	2.386,46	2.708,81	1.972,90	$y = -0,121x + 2054,3$
11	Centro-Oeste	Girassol	Etilico	49,66%	22,54%	1.445,20	1.806,50	2.092,97	1.567,63	$y = -0,151x + 1626,4$
12	Centro-Oeste	Girassol	Metilico	46,85%	26,65%	1.389,61	1.737,01	1.971,63	1.524,36	$y = -0,121x + 1534,8$
13	Centro-Oeste	Sebo	Etilico	48,37%	26,23%	1.402,26	1.752,83	1.989,59	1.530,52	$y = -0,151x + 1583,5$
14	Centro-Oeste	Sebo	Metilico	45,68%	33,42%	1.345,67	1.683,34	1.910,71	1.487,21	$y = -0,121x + 1491,8$
15	Sudeste	Mamona	Etilico	63,62%	9,85%	1.646,53	2.060,66	2.464,31	1.657,48	$y = -0,151x + 1829,8$
16	Sudeste	Mamona	Metilico	63,94%	11,10%	1.652,20	2.065,25	2.469,79	1.664,85	$y = -0,121x + 1797,4$
17	Sudeste	Soja	Etilico	66,85%	4,18%	1.847,61	2.309,51	2.819,08	1.820,84	$y = -0,151x + 2026,8$
18	Sudeste	Soja	Metilico	65,09%	4,37%	1.851,27	2.314,09	2.767,37	1.828,42	$y = -0,121x + 1996,4$
19	Sudeste	Girassol	Etilico	54,91%	33,63%	1.328,04	1.660,06	1.965,22	1.394,27	$y = -0,151x + 1509,3$
20	Sudeste	Girassol	Metilico	54,56%	35,69%	1.331,71	1.664,64	1.960,71	1.401,80	$y = -0,121x + 1476,9$
21	Sudeste	Sebo	Etilico	42,54%	37,81%	1.285,11	1.606,38	1.861,11	1.429,33	$y = -0,151x + 1466,3$
22	Sudeste	Sebo	Metilico	42,97%	40,76%	1.286,77	1.610,97	1.866,42	1.437,24	$y = -0,121x + 1433,9$
23	Sul	Colza	Etilico	61,12%	3,01%	1.929,94	2.412,42	2.860,51	1.904,04	$y = -0,151x + 2111,2$
24	Sul	Colza	Metilico	65,74%	2,61%	1.945,07	2.431,33	2.882,84	1.921,05	$y = -0,121x + 2090,2$
25	Sul	Soja	Etilico	66,63%	3,10%	1.906,49	2.383,12	2.825,77	1.884,63	$y = -0,151x + 2087,7$
26	Sul	Soja	Metilico	66,37%	2,95%	1.921,62	2.402,03	2.907,17	1.901,66	$y = -0,121x + 2066,8$
27	Sul	Girassol	Etilico	55,66%	26,80%	1.386,93	1.733,66	1.998,25	1.454,57	$y = -0,151x + 1568,2$
28	Sul	Girassol	Metilico	55,99%	28,20%	1.402,06	1.752,58	2.078,11	1.471,67	$y = -0,121x + 1547,2$
29	Sul	Sebo	Etilico	45,95%	31,66%	1.343,99	1.679,99	1.946,40	1.460,17	$y = -0,151x + 1525,2$
30	Sul	Sebo	Metilico	45,78%	32,20%	1.359,12	1.696,91	1.968,31	1.497,99	$y = -0,121x + 1504,3$

Notas:

- 1- As alíquotas desses impostos são reduzidas de acordo com a legislação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.
- 2- As alíquotas desses impostos são reduzidas de acordo com a legislação do Selo Combustível Social integrante do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.
- 3- Na equação apresentada a variável "y" representa o custo de biodiesel e a variável "x" representa o preço de venda da glicina.
- 4- Na equação apresentada a variável "y" representa o custo de biodiesel e a variável "x" representa o custo do óleo vegetal ou gordura.
- 5- As alíquotas de IPI e CIDE não incidem sobre os preços do biodiesel.
- 6- As alíquotas de ICMS para o biodiesel estão de acordo com a legislação específica de cada estado.

9.4 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

9.4.1 INTRODUÇÃO

O estudo de viabilidade econômica proposto será feito em duas etapas, a primeira englobando cenários de cada região brasileira e a segunda englobando o estudo conjunto dos resultados obtidos na primeira parte, isto é, serão feitos estudos regionais na primeira parte e um estudo nacional na segunda.

No âmbito regional e nacional será desenvolvida a análise conjunta dos resultados obtidos para cada cenário simulado; buscando verificar os seguintes pontos:

- a) a oleaginosa e o álcool que geram o biodiesel mais barato;
- b) o grau de risco do investimento financeiro na planta produtora de biodiesel;
- c) os fatores influentes na formação do custo final do biodiesel através da análise de sensibilidade de cada um deles;
- d) os fatores influentes no investimento financeiro para a implementação da planta produtora de biodiesel através da análise de sensibilidade de cada um deles;
- e) a influência do selo combustível social no preço de venda do produto;
- f) a influência do preço da oleaginosa utilizada no custo do biodiesel;
- g) a influência do preço de venda da glicerina no custo do biodiesel.

As análises dos resultados serão feitas, como dito anteriormente, enfocando situações de certeza e incerteza. A viabilidade econômica de cada cenário será avaliada a partir dos parâmetros descritos na Tabela 9.2 apresentada anteriormente e dos resultados das simulações apresentados no Anexo C.

Além disso, serão utilizados dados e projeções referentes à variação dos preços do diesel mineral e das cotações dos óleos vegetais no mercado internacional.

Numa primeira análise os dados da Tabela 9.3 revelam que todos os cenários simulados são viáveis economicamente. Entretanto estes resultados devem ser inseridos no contexto da conjuntura do mercado de biodiesel e nas premissas fixadas para a construção do modelo usado na simulação.

Neste íterim é importante lembrar que o investimento mais viável será aquele feito em condições capazes de oferecer o menor custo de produção do biodiesel sendo este o mais próximo possível do custo de produção do diesel mineral. Portanto o parâmetro "Custo do Biodiesel" é fundamental nesta análise.

Por outro lado existem parâmetros que foram inclusos no escopo do modelo para viabilizar os estudos em situações de incerteza. Nesses casos a determinação das probabilidades de ocorrência de uma faixa de valores é mais importante e expressiva que o valor absoluto do parâmetro. Como exemplo pode-se citar o parâmetro “Valor Presente Líquido (VPL)”.

A seguir será feito um descritivo detalhado do significado de cada parâmetro apresentado na Tabela C.1.

Segundo Torres (2006), o parâmetro “VPL” informa se o investimento é viável ou não economicamente, isto é, para valores de VPL positivos ou igual a zero considera-se que o investimento é viável. Na condição de VPL igual a zero, o investimento financeiro não resulta em prejuízos tão pouco em lucros. Quanto maior o valor de VPL de um investimento maior será o seu retorno financeiro.

Entretanto no contexto deste estudo, onde os preços de venda do biodiesel foram calculados de acordo com os custos de produção projetados; esta última análise só pode ser feita considerando-se cenários com preços de venda iguais ou muito próximos. A Figura 9.4 ilustra essa questão.

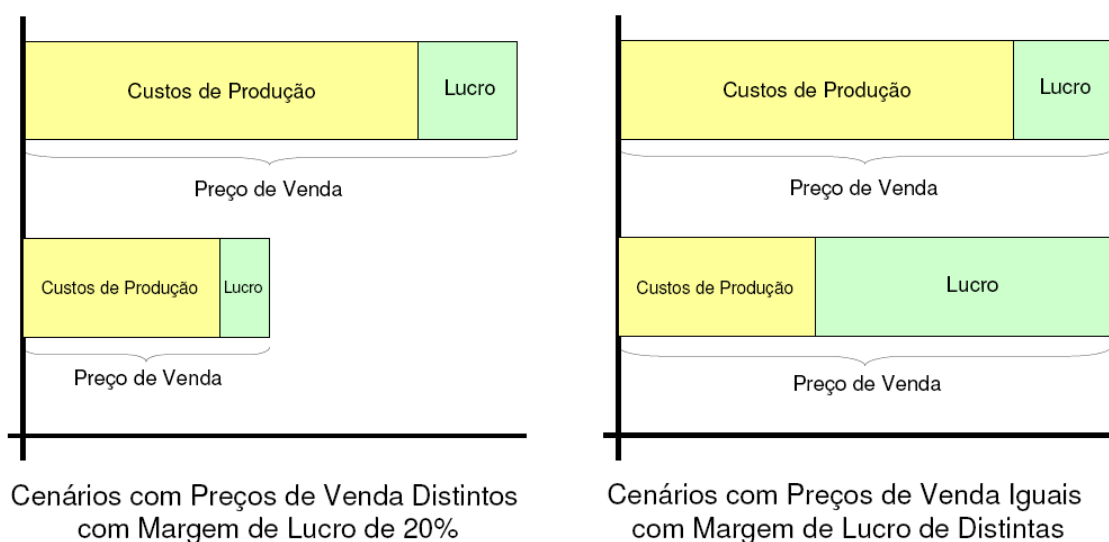


Figura 9.4: Relação entre custos de produção, lucros e preços de venda.

No gráfico da esquerda da Figura 9.4, verifica-se a condição proposta no presente estudo. Foi calculado para cada situação o custo de produção do biodiesel e em seguida determinado o preço de venda do produto, considerando-se uma margem de lucro fixa de 20% para todos os casos. A parcela de lucro, portanto, será maior para custos de produção maiores e menor para custos de produção menores. O lucro é diretamente proporcional ao valor de VPL, e, portanto os investimentos que tiverem maiores lucros ao longo do tempo serão mais atrativos que aqueles que tiverem menores lucros. Entretanto, aqueles cenários que

tiverem menores preços de venda serão mais favoráveis na medida que serão mais competitivos no mercado, mesmo com VPLs menores.

Portanto, a análise que engloba cenários com preços de venda diferentes é feita de modo inverso, isto é, elegendo cenários com menor valor de VPL, salvo em condições particulares não abordadas neste estudo, em que a diferença entre os preços de venda possa ser descartada. Além disso, é feita a comparação do parâmetro “Probabilidade de o VPL Ser Positivo” onde é possível apontar a chance de sucesso de um determinado cenário.

No gráfico da direita mostrado na Figura 9.4 temos a situação comum das análises, onde os preços de venda são fixos e as margens de lucro calculadas. Neste caso pode-se dizer com segurança que os cenários com maiores VPLs serão os investimentos mais atrativos, na medida que a competitividade no mercado sob a ótica dos preços de venda serão iguais.

O parâmetro “Fator de Produção da Planta para VPL Igual a Zero” informa a porcentagem da capacidade nominal de produção que a planta deve operar para garantir que o VPL seja zero, isto é, para que seja alcançada a condição limite de viabilidade econômica do investimento; sem lucros ou prejuízos. No cálculo deste parâmetro assume-se que todas as outras variáveis sejam constantes (vide Tabela 9.1). Desta forma, considerando-se um mesmo preço de venda, quanto maior for este valor menos atrativo é o investimento na medida que a capacidade ociosa da planta para garantir VPL igual a zero é menor.

O parâmetro “Margem de Lucro Mínima para VPL Igual a Zero” informa a porcentagem de lucro mínima na venda do biodiesel para garantir que o VPL seja zero. No cálculo deste parâmetro assume-se que todas as outras variáveis sejam constantes (vide Tabela 9.1). Dessa forma, quanto maior for este valor mais atrativo é o investimento na medida que o preço de venda agregará um lucro maior.

O parâmetro “Custo do Biodiesel”, como dito anteriormente, juntamente com o parâmetro “Probabilidade do Custo do Biodiesel Estar entre R\$ 1.000,00 e R\$ 1.500,00” apontarão qual cenário propiciará a produção de biodiesel a um preço mais competitivo com o diesel mineral. Este assunto será discutido em detalhe no item 9.4.2. deste estudo.

Os parâmetros relacionados aos preços de venda serão determinados a partir dos custos e parâmetros descritos anteriormente.

O parâmetro “Preço de Venda Líquido do Biodiesel” Considerando Margem de Lucro de 20%” será determinado aplicando-se 20% de margem ao custo de biodiesel.

O parâmetro “Preço de Venda Com Impostos do Biodiesel Considerando Margem de Lucro de 20%” será determinado aplicando-se 20% de margem e o valor dos impostos ao custo do biodiesel. Além disso, foram destacados os preços de venda considerando a inclusão do Selo Combustível Social.

O parâmetro “Preço de Venda Líquido do Biodiesel Considerando Margem de Lucro para VPL igual a zero” será determinado aplicando-se o valor da margem de lucro para VPL igual a zero ao custo do biodiesel.

O parâmetro “Preço de Venda Com Impostos do Biodiesel considerando Margem de Lucro para VPL igual a zero” será determinado aplicando-se a margem de lucro para VPL igual a zero e o valor dos impostos ao custo do biodiesel.

Na Tabela B.1 do Anexo B é apresentado o memorial de cálculo destes últimos parâmetros.

Na Figura 9.5 a seguir, é apresentado um exemplo típico dos resultados gráficos fornecidos pela simulação dos cenários estudados.

O gráfico “Custo do Biodiesel x Preço de Venda da Glicerina” mostra a influência do aumento do preço de venda da glicerina sobre o custo de produção do biodiesel. Este gráfico foi construído através da aplicação de valores crescentes do preço de venda da glicerina na planilha mostrada na Figura 9.2; considerando-se todas as outras variáveis constantes. Para cada valor de entrada foi calculado o custo de produção do biodiesel. Com este conjunto de dados foi gerada a curva do gráfico em questão.

O gráfico “Custo do Biodiesel x Custo do Óleo ou Gordura Vegetal” mostra a influência do aumento do custo do óleo no custo final do biodiesel. Este gráfico foi construído através da aplicação de valores crescentes dos custos dos óleos vegetais ou gorduras na planilha mostrada na Figura 9.2; considerando-se todas as outras variáveis constantes. Para cada valor de entrada foi calculado o custo de produção do biodiesel. Com este conjunto de dados foi gerada a curva do gráfico em questão.

No gráfico “Distribuição para VPL” é possível verificar a curva de distribuição de probabilidade para o parâmetro VPL. Esse gráfico mostra a probabilidade de VPL ser positivo e, portanto a probabilidade de o investimento ser viável economicamente. Este gráfico foi construído a partir da aplicação da planilha apresentada na Figura 9.2 no software *@RISK*.

O gráfico “Distribuição de Probabilidade para Biodiesel-Custo de Produção informa a probabilidade do custo do biodiesel estar entre R\$ 1.000,00 e R\$ 1.500,00. Este gráfico foi construído a partir da aplicação da planilha apresentada na Figura 9.2 no software *@RISK*.

Os gráficos de regressão de sensibilidade (tipo “tornado”) informam o grau de sensibilidade de cada componente do valor do VPL ou do custo de produção do biodiesel, isto é, quais as variáveis mais influentes na composição de cada parâmetro. Quanto mais larga a faixa, maior a influência do componente no valor final do parâmetro (VPL ou custo de produção do biodiesel).

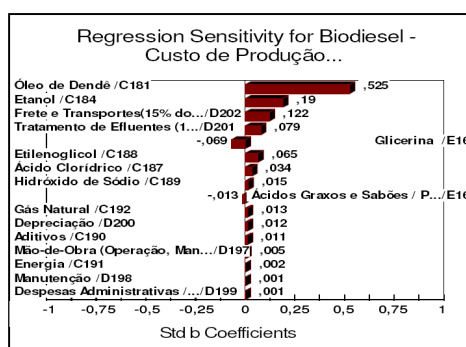
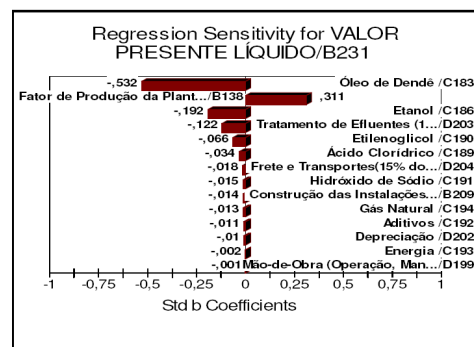
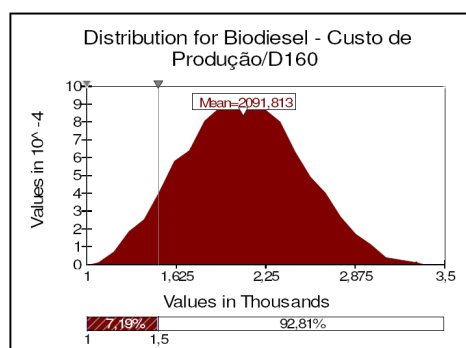
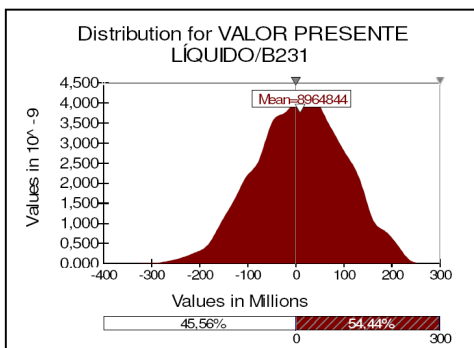
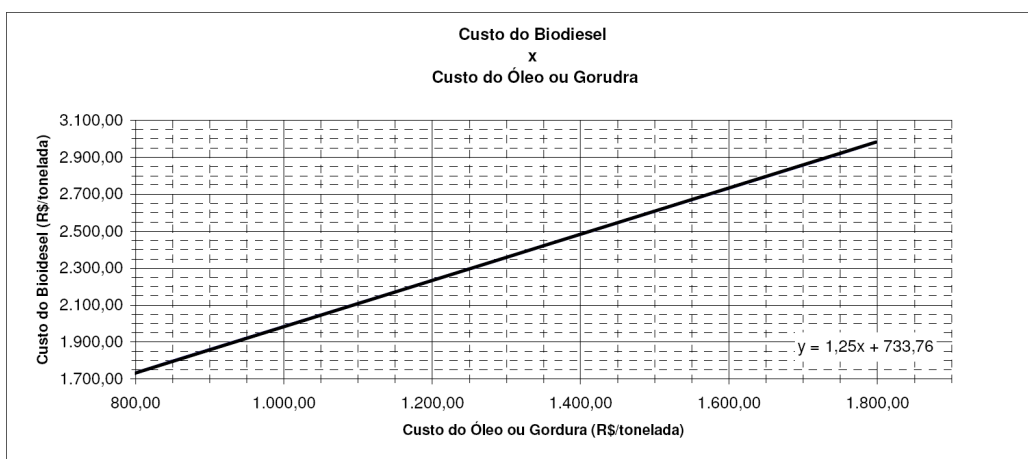
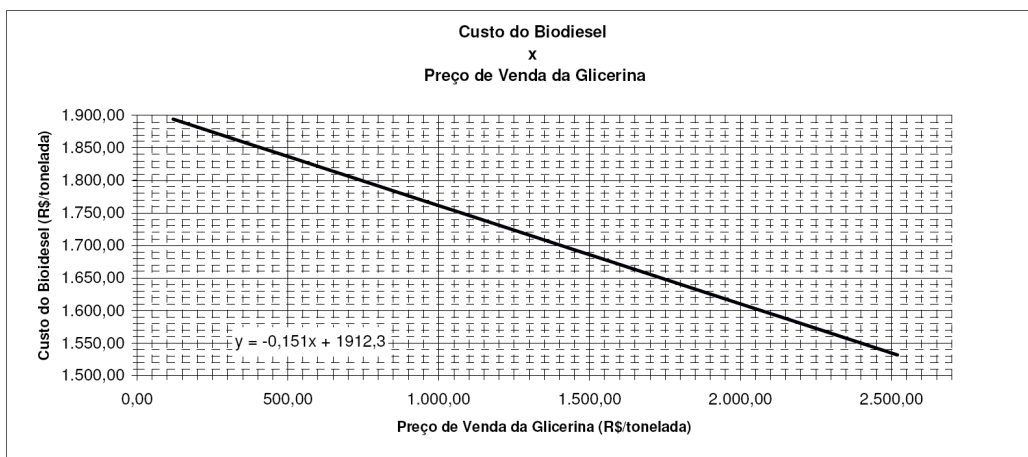


Figura 9.5: Exemplo típico de resultados gráficos de simulação de cenário.

Desta forma é necessário interpretar corretamente os resultados antes do diagnóstico de cada situação verificando todos os parâmetros envolvidos em cada cenário e a forma de como os mesmos foram determinados.

9.4.2 DIESEL MINERAL E ÓLEOS VEGETAIS: FRONTEIRA DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO BIODIESEL

Como discutido no item 9.1 – Biodiesel como Investimento Financeiro, as cotações do diesel mineral e dos óleos vegetais no mercado nacional e internacional são determinantes para a tomada de decisão no investimento na produção e na utilização do biodiesel como substituto do diesel mineral.

Devido ao estágio embrionário em que se encontra o mercado de biodiesel no Brasil, não existem referências da formação dos preços de venda do produto. As únicas referências oficiais são os resultados dos leilões de biodiesel realizados nos últimos quatro anos 2004, 2005, 2006 e 2007 (ANP, 2007).

Neste íterim, as cotações do diesel mineral e dos óleos vegetais figuram como referências fundamentais para a análise de viabilidade econômica da produção de biodiesel. Estabelecer valores referenciais para estas grandezas significa realizar projeções futuras da variação das cotações das mesmas dentro do horizonte econômico analisado.

Os preços alcançados pelos óleos vegetais no mercado alimentício, como discutido no item 9.1, podem ser mais elevados que os preços do biodiesel, inviabilizando a produção. Desta maneira, considerou-se como premissa a parceria entre os extratores de óleo e as usinas produtoras de biodiesel como forma de agregar valor aos óleos vegetais através da fabricação de biodiesel.

A avaliação e a projeção futura do comportamento do mercado de óleos vegetais é difícil, pois as cotações são diretamente influenciadas por taxas de câmbio, condições climáticas e geográficas dos produtores, insumos para a lavoura, entressafra dentre outras externalidades (MACEDO; NOGUEIRA, 2005).

Portanto, considerou-se como valor de referência para as análises de viabilidade o custo dos óleos praticados pelas usinas extratoras. Para ilustrar estes conceitos os valores de mercado e os custos de extração de alguns óleos vegetais são mostrados na Figura 9.6.

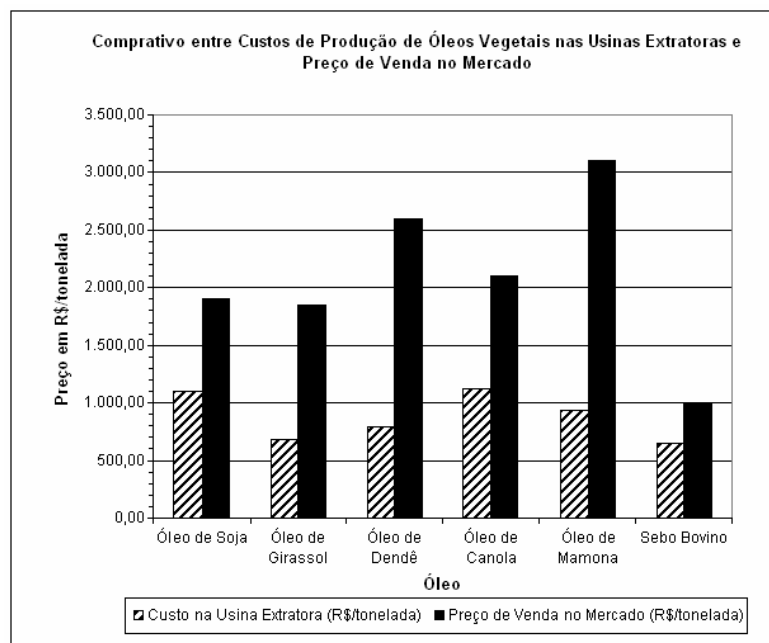


Figura 9.6: Gráfico comparativo entre custos de extração e o preço de venda no mercado (Elaboração própria a partir de ABOISSA, 2007).

A cotação do diesel mineral, o concorrente direto do biodiesel no mercado de combustíveis, é a referência principal para o estudo de viabilidade econômica do biocombustível.

Como todos os combustíveis fósseis e derivados, os preços do diesel são diretamente influenciados pelo preço do barril de petróleo no mercado internacional. Portanto o estudo e as projeções da variação dos preços do petróleo é o ponto de partida para a avaliação da cotação do diesel mineral.

Devido às características do petróleo das reservas brasileiras, o Brasil é dependente do petróleo importado para a obtenção do diesel e, portanto, sujeito às oscilações do mercado internacional do produto (PLÁ *et al*, 2005; TAVARES, 2005).

Da mesma forma que no caso dos óleos vegetais as estimativas do mercado de petróleo internacional são complexas e de difícil elaboração. Entretanto os dados disponíveis, bem como o histórico do mercado, são bem sistematizados permitindo a elaboração de vários estudos e projeções sobre o tema. Dentre as projeções analisadas selecionou-se as publicadas em EPE (2006); Horta (2006); Gazzoni, (2006); e EIA (2007) que descrevem cenários conservadores e convergentes entre si. Na Figura 9.7 é apresentado um gráfico elaborado por EIA (2007) com o panorama de variação do preço do barril do petróleo no período de 1990 até 2005 e as projeções de preços para o período de 2006 até 2030.

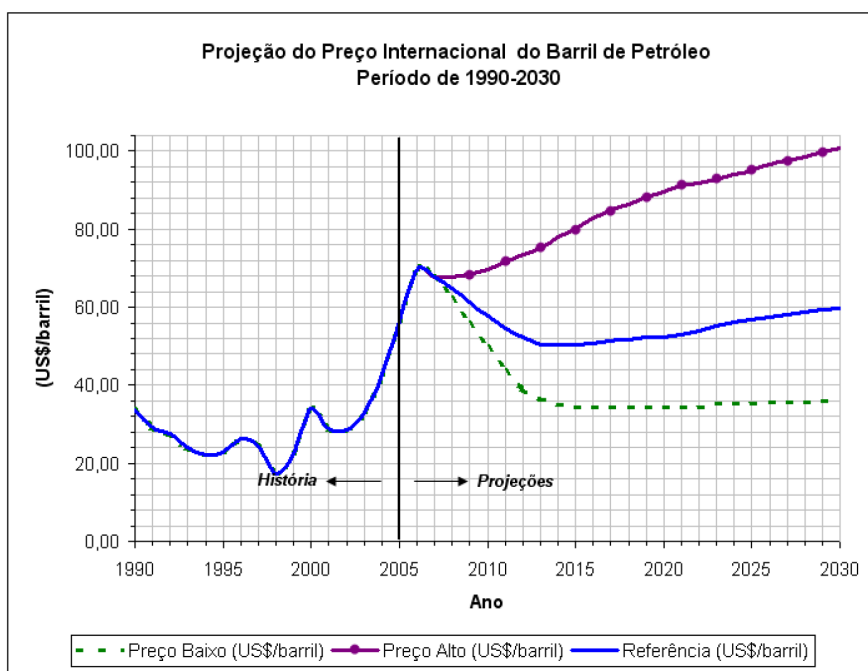


Figura 9.7: Variação e projeções do preço internacional do barril de petróleo no período de 1990-2030. Elaboração própria a partir de (EIA, 2007).

Na Figura 9.7 é mostrada a curva de variação de preços do barril de petróleo no período de 1990 até 2005. A partir de 2006, verificam-se três curvas de valores projetados representando três cenários intitulados “Referência”, “Preço Alto”, “Preço Baixo” (EIA, 2007).

Na curva “Referência”, considera-se que os países pertencentes a OPEP, bem como os outros produtores de petróleo aumentarão a produção resultando numa queda de preços até 2010, quando os preços se elevarão gradativamente ao longo dos próximos anos (EIA, 2007).

A curva “Preço Baixo” considera que as reservas mundiais de petróleo serão 15% maiores e os custos de produção menores em relação à curva “Referência”. Desta forma, a partir de 2010, neste último cenário, percebe-se a estabilização do preço do barril em torno de US\$ 36 (EIA, 2007).

A curva “Preço Alto” considera que as reservas mundiais de petróleo serão 15% menores e os custos de produção serão maiores em relação à curva “Referência”. Neste cenário os preços do barril a partir de 2006 são crescentes (EIA, 2007).

É importante destacar que os valores projetados dos três últimos cenários descritos não consideram questões geopolíticas e guerras que venham a influenciar o mercado de petróleo mundial (EIA, 2007).

Neste ínterim, considerou-se para objeto deste estudo a utilização da curva “Preço Alto”. Esta curva, de acordo com as premissas das

projeções de EIA (2007), compõe um cenário conservador levando-se em conta uma alta dos preços do petróleo mais alinhada com o contexto econômico mundial e o nível de preços do barril de petróleo praticados atualmente.

Na Figura 9.8, a seguir, é apresentado um gráfico que relaciona a influência do custo do barril de petróleo no preço do diesel. Estes dois últimos gráficos apresentados serão utilizados para a estimativa de valores de referência para cotação do óleo diesel nos próximos anos.

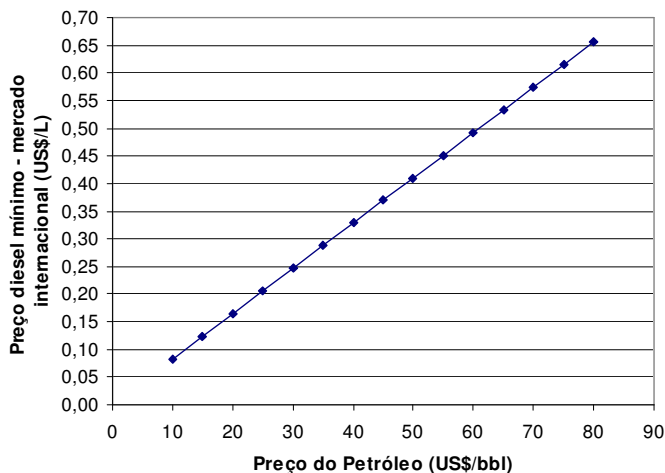


Figura 9.8: Variação do preço do barril do petróleo e o preço do litro do óleo diesel (DONATO, 2005c).

Com os dados das Figuras 9.7 e 9,8 foi construído o gráfico apresentado na Figura 9.9 com a variação dos preços do óleo diesel no período de 1990 até 2005 e as projeções de preços para o período de 2006 até 2030.

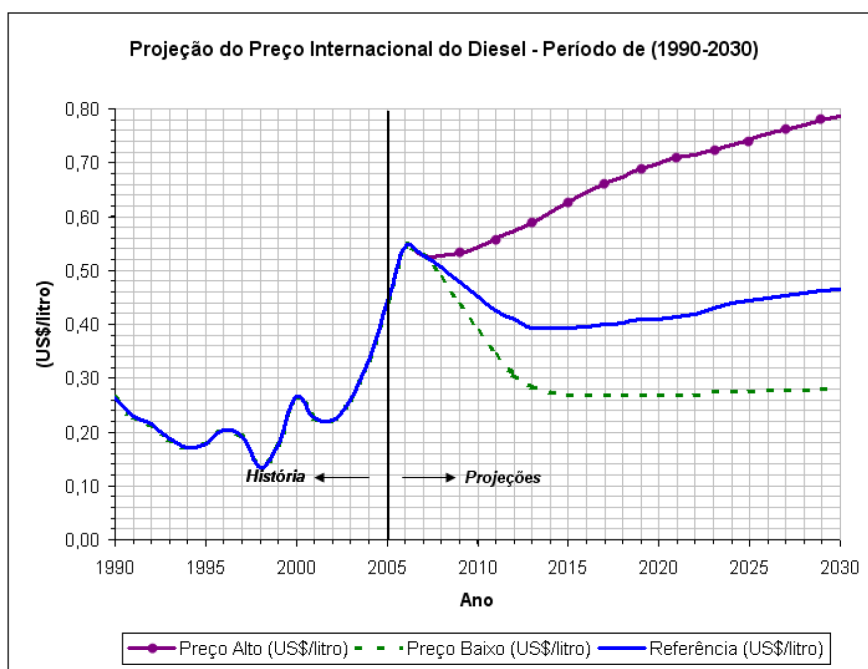


Figura 9.9: Variação e projeções do preço internacional do óleo diesel no período de 1990-2030.

Como a curva de correlação entre os preços do óleo diesel com o petróleo é linear, as formas das curvas apresentadas na Figura 9.9 são semelhantes às apresentadas na Figura 9.7.

Analisando-se os preços praticados pelas distribuidoras de combustível em abril de 2007 segundo levantamento realizado por ANP, 2007, e com os dados da Figura 9.9 elaborou-se a Tabela 9.4 a seguir.

Tabela 9.4: Cotações de referência para os preços do diesel mineral.

Região	Preço Médio de Venda do Diesel nas Distribuidoras (abril/2007) (R\$/litro) (Vide Nota-1)	Preço Médio de Venda Líquido do Diesel nas Distribuidoras (abril/2007) (R\$/litro) (Vide Nota-2)	Custo de Produção Médio do Diesel nas Refinarias (abril/2007) (R\$/litro) (Vide Nota-3)	Custo de Produção Médio do Diesel nas Refinarias (abril/2007) (R\$/tonelada) (Vide Nota-4)	Projeção do Custo de Produção Médio do Diesel nas Refinarias para 2016 (R\$/tonelada) (Vide Nota-5)	Preço Médio de Venda Líquido do Diesel nas Refinarias (abril/2007) (R\$/tonelada) (Vide Nota-6)	Projeção do Preço Médio de Venda Líquido do Diesel nas Refinarias para 2016 (R\$/tonelada) (Vide Nota-7)	Projeção do Preço Médio de Venda Líquido do Diesel nas Distribuidoras para 2016 (R\$/tonelada) (Vide Nota-8)
Norte	1,771	0,909	0,818	929,171	1.300,839	1.032,413	1.228,571	2.395,624
Nordeste	1,688	0,866	0,693	787,105	1.101,947	983,882	1.170,820	2.283,351
Centro-Oeste	1,783	0,914	0,732	831,293	1.163,810	1.039,116	1.236,548	2.411,857
Sudeste	1,665	0,854	0,683	776,262	1.086,767	970,328	1.154,690	2.252,239
Sul	1,684	0,864	0,691	785,473	1.099,662	981,841	1.168,391	2.277,940

Notas:

- 1- Esses valores foram extraídos de ANP (2007).
- 2- Esses valores foram calculados através dos índices de formação de preços dos combustíveis brasileira apresentados em Horta (2005).
- 3- Esses valores foram calculados considerando margem de lucro de 20%, considerando-se que as refinarias pratiquem as mesmas margens das distribuidoras.
- 4- Idem a nota 2.

5- Estes valores foram projetados baseados no índice de variação dos preços do diesel apresentados na Figura 9.9 e numa variação estimada de 15% no custo operacional do refino do diesel no Brasil.

6- Idem a nota 2

7- Idem a nota 5.

8- Idem as notas 2 e 5.

Na Tabela 9.4, atentando-se para as colunas marcadas com a borda pontilhada verifica-se que no período de 2007 a 2016, os custo médio nacional de produção da tonelada de diesel estará girando em torno de R\$ 800,00 a R\$ 1200,00 considerando-se que a cotação média do dólar americano esteja em torno de R\$ 2,50 no período em questão. Considerando-se a estabilidade econômica brasileira a partir de 1994 com o advento do Plano Real; a premissa adotada é cabível e razoável perante o período de tempo considerado.

Entretanto para estabelecer uma faixa de valores de referência comparável com o custo de produção de biodiesel é necessário levar em conta outros fatores do mercado.

Em primeiro lugar deve-se considerar uma cooperação mais efetiva do governo federal para a produção de biodiesel através da extensão dos incentivos fiscais já existentes e até da isenção de alguns impostos como o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). No caso de isenção do ICMS o impacto seria da ordem de 12 a 18% nos preços de venda do biodiesel (BOUÇAS, 2006; MONTEIRO, 2007).

Em segundo lugar é preciso considerar a absorção de custos de produção compulsórios pela Petrobras ou distribuidoras de combustível referentes ao transporte do produto até as refinarias e ao custo da mistura do biodiesel ao diesel mineral que podem encarecer o produto em até 17% considerando-se a mistura B5 (BOUÇAS, 2006; ANP, 2007).

Considerando-se os fatores expostos e os possíveis desvios das estimativas adotadas; a faixa de custo médio nacional de produção de diesel apresentada anteriormente será aumentada em 25%, resultando num custo de R\$ 1000,00 a R\$ 1500,00. A taxa de 25% foi calculada considerando-se uma isenção fiscal média de 10% e uma absorção de custos de frete bem como da mistura de diesel-biodiesel de 15% em média sobre os preços do biodiesel. Esta faixa de valores corrigida será utilizada como referência para o custo de diesel nos estudos de viabilidade econômica de biodiesel realizados a seguir. Desta forma é possível comparar os custos dos dois combustíveis com mais precisão do ponto de vista da Petrobras e distribuidoras.

9.4.3 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA - REGIÃO NORTE

O estudo econômico desenvolvido para a região Norte será baseado nas Figuras 9.10, C.1 e C.2 (Anexo-C); e nas Tabelas 9.3, C.1 e C.2 (Anexo-C). No decorrer do texto o processo de produção analisado será designado pela matéria-prima em seguida do álcool considerado. Por exemplo, a expressão sebo-etílico significa processo de transesterificação etílica utilizando sebo bovino.

A Tabela 9.3 consiste na compilação de todos os cenários e resultados de referência obtidos nas simulações. A Figura 9.10 é um conjunto de gráficos comparativos baseados nos dados da Tabela 9.3 com o objetivo de facilitar a compreensão dos mesmos.

As Tabelas C.1 e C.2 apresentam o fluxo de caixa do investimento na planta de produção durante o período de amortização do capital; considerando-se as variáveis de entrada fixas, isto é, em situação de certeza. O objetivo dessas tabelas é permitir a análise detalhada do fluxo caixa de cada cenário ao longo tempo, proporcionando ao leitor uma referência da ordem de grandeza de cada componente.

Além disso, essas tabelas são a base para a análise dinâmica e de sensibilidade dos cenários, isto é, em situação de incerteza, com a atribuição de múltiplos valores para uma única variável de entrada como já discutido no item 9.2.

O resultado dessas últimas análises são mostrados nos gráficos das Figuras C.1 e C.2.

A análise do gráfico 6 da Figura 9.10 mostra que a transesterificação metílica produz biodiesel cerca de 22% mais barato quando comparada com a transesterificação etílica. Dessa forma o processo dendê-metílico é mais viável.

O custo de produção do biodiesel, quando comparado ao do diesel mineral são cerca de 153 e 186% maiores considerando a produção a partir do dendê-metílico e dendê-etílico respectivamente. Estes resultados podem ser verificados no gráfico 6 da Figura 9.10.

No gráfico 5 da Figura 9.10 verifica-se que a probabilidade do custo da tonelada de biodiesel permanecer em torno de R\$ 1.000,00 a R\$ 1.500,00, é cerca de 27 e 7% para o dendê-metílico e dendê-etílico respectivamente. Isso significa que o processo do dendê-metílico tem mais chance de produzir biodiesel a um preço competitivo com o diesel mineral. A curva de distribuição de probabilidade para cada cenário pode ser verificada em detalhe nas Figuras C.1 e C.2.

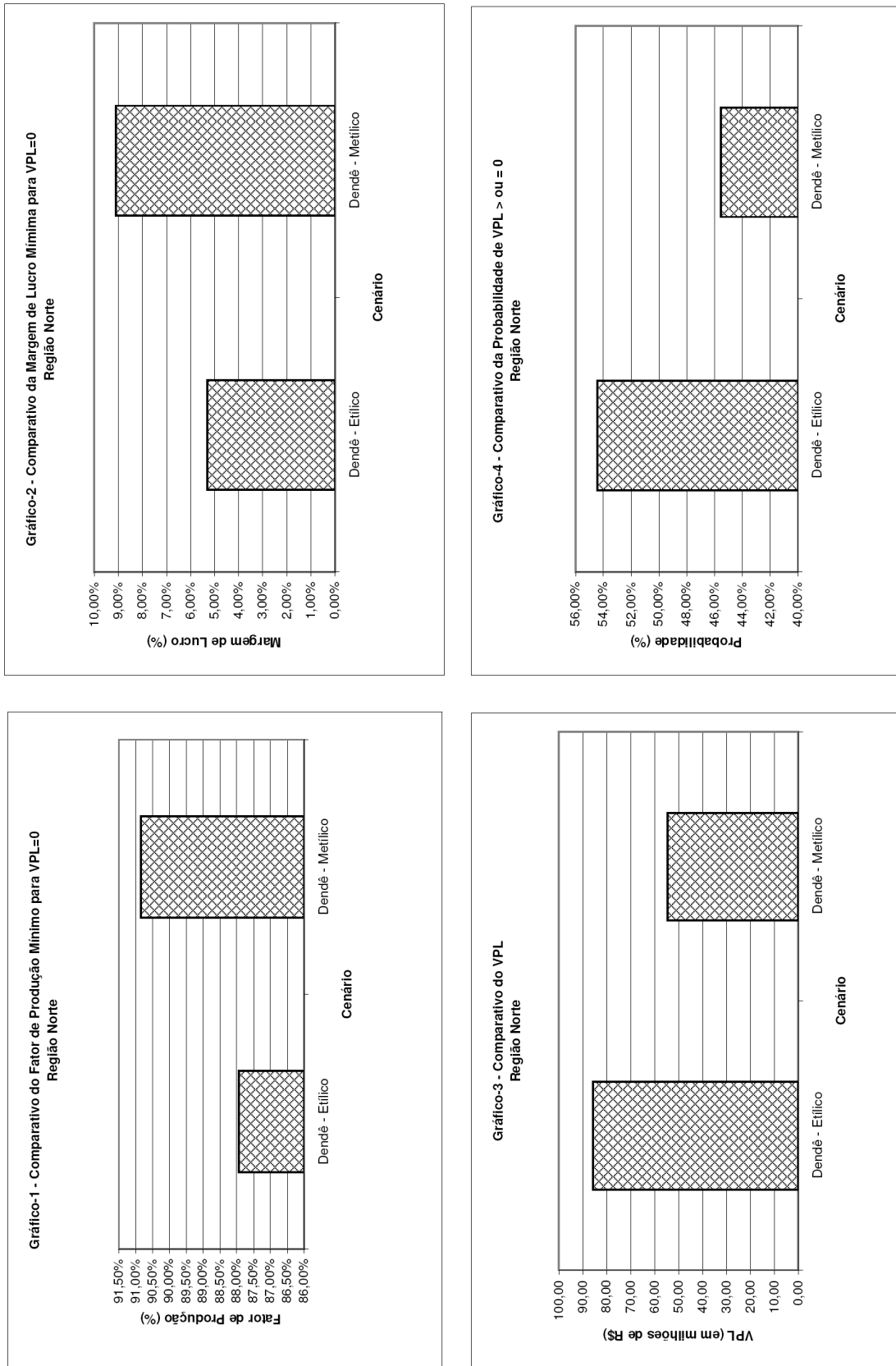


Figura 9.10: Gráficos comparativos dos resultados –região norte.

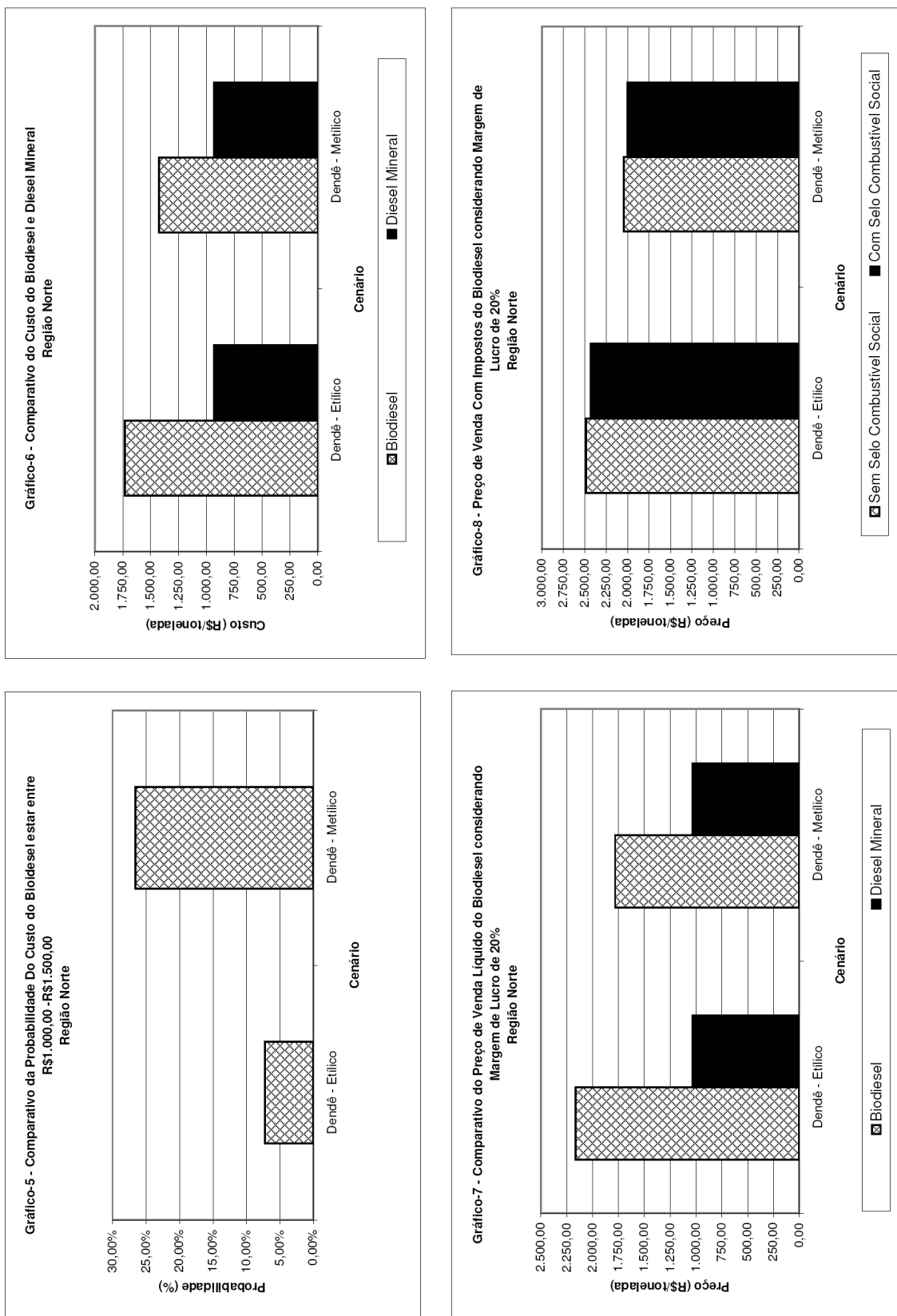


Figura 9.10: Gráficos comparativos dos resultados –região norte (continuação).

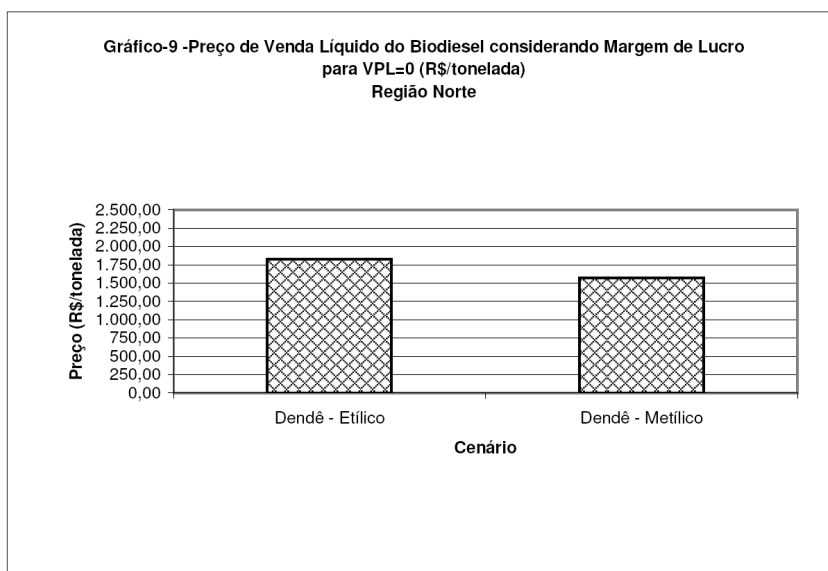


Figura 9.10: Gráficos comparativos dos resultados –região norte (continuação).

Analisando-se os gráficos de sensibilidade (tipo “tornado”) para o custo do biodiesel apresentados nas Figuras C.1 e C.2; verifica-se que os fatores mais influentes na composição do custo final do biodiesel são os custos dos óleos, do álcool, dos fretes e transportes, do tratamento de efluentes e do preço de venda da glicerina, com níveis de variação médios de 58, 16, 11, 8 e 7%, respectivamente para a variação padrão de um desvio nos valores de entrada do modelo. Esses valores são coerentes com o grau de contribuição de cada insumo componente do biodiesel no custo total do mesmo apresentado na Tabela C.31 do Anexo C.

Ainda nas Figuras C.1 e C.2; os níveis de sensibilidade descritos para os óleos e para a venda da glicerina podem ser analisados em detalhe através dos gráficos que relacionam os custos do biodiesel em função do custo do óleo e do preço de venda da glicerina. Nestes gráficos verifica-se que o aumento de uma unidade no preço de venda da glicerina resulta na queda de R\$ 0,15 no custo do biodiesel na transesterificação etílica e R\$ 0,12 na transesterificação metílica. Isto significa que a queda de preço do biodiesel varia de 12% a 15% do total do aumento do preço de venda da glicerina. Por outro lado o aumento de uma unidade no custo do óleo ou gordura provoca o aumento de R\$ 1,25 no custo do biodiesel, isto é, a elevação do custo do biocombustível é 25% maior que o aumento do custo do óleo ou gordura. Estes valores confirmam os níveis de sensibilidade expressos pelos gráficos tornado já analisados.

É importante destacar que a influência do preço de venda da glicerina no custo final do biodiesel, aparentemente pequena de acordo com os parâmetros mostrados anteriormente, é fundamental na operação de uma planta de biodiesel em escala industrial.

O investimento no processo do reciclo da glicerina é justificado pela economia no consumo de álcool (principalmente no caso do etanol cujo excesso usado na reação é de 650%) e de água bem como na redução de gastos com o tratamento de efluentes da planta.

Os preços de venda expressos nos gráficos 7 e 8 da Figura 9.10 têm o mesmo comportamento dos custos do biodiesel já analisados. Verifica-se a partir do gráfico 8 que o Selo Combustível Social contribui com uma redução de 2,08% nos preços de venda em todos os casos. É importante observar que este incentivo fiscal obtido através do selo é de grande valia para o produtor que vende o biodiesel na modalidade de leilão.

Analisando-se o gráfico 3 da Figura 9.10 percebe-se que os investimentos mais atraentes são aqueles que fazem uso do dendê-metílico e dendê-etílico respectivamente, levando-se as considerações feitas no item 9.4.1 a respeito da interpretação dos valores de VPL.

Analisando-se os gráficos de sensibilidade (tipo “tornado”) para o VPL do empreendimento apresentados nas Figuras C.1 e C.2; verifica-se que os fatores mais influentes na composição do VPL são: o custo do óleo, o fator de produção da planta, o custo do álcool, o custo do tratamento de efluentes, o custo do etilenoglicol no caso da transesterificação etílica, e o custo do ácido clorídrico no caso da transesterificação metílica; com níveis de variação médios 59, 32, 15, 12, 7 e 4% , respectivamente para a variação padrão de um desvio nos valores de entrada do modelo.

Segundo Torres (2006), o menor valor de VPL para que um investimento financeiro não resulte em prejuízos, tão pouco em lucros para o investidor é zero. Neste íterim foram feitas análises nestas condições para verificar o grau de risco dos investimentos em cada cenário. Os gráficos 1, 2, 4 e 9 da Figura 9.10 mostram os resultados destas análises.

No gráfico 1 da Figura 9.10, o fator de produção da planta, devido aos preços de venda serem maiores para óleos mais caros, verifica-se que a capacidade ociosa da planta mínima para garantir o VPL igual a zero é menor para o dendê-metílico e dendê-etílico respectivamente. De um modo geral a planta não deve operar em menos de 9,2% de sua capacidade total.

No gráfico 2 da Figura 9.10, a margem de lucro mínima a ser aplicada para gerar um VPL igual a zero são comparadas. Verifica-se que custos menores de matérias-primas implicam em margens de lucro mínimas maiores, portanto as situações mais favoráveis são o dendê-metílico e dendê-etílico respectivamente.

No gráfico 4 da Figura 9.10 são apresentadas as probabilidades do valor de VPL ser maior ou igual a zero para cada um dos cenários simulados. A análise conjunta dessas probabilidades só seria possível se o valor do preço de venda fosse igual para todos os cenários, semelhante à abordagem do gráfico 5. Independente desta última observação, pode-se dizer que os investimentos têm uma chance de 46

a 55% de serem viáveis; considerando-se que seja praticada a margem de lucro de 20% sobre o custo do biodiesel. A curva de distribuição de probabilidade para cada cenário pode ser verificada em detalhe nas Figuras C.1 e C.2.

No gráfico 9 da Figura 9.10 é mostrado o preço de venda líquido de biodiesel para que o valor de VPL seja zero. Comparando estes preços com níveis de preço mostrados no gráfico 7 verificam-se reduções de 12,2 e 18,4% nos preços para o dendê-metílico e dendê-etílico respectivamente. Estes resultados são coerentes com os apresentados no gráfico 2; evidenciando o sacrifício da margem de lucro maior naqueles processos que produzem biodiesel a um custo mais elevado.

Após o estudo crítico dos resultados das simulações realizadas verifica-se que os cenários mais favoráveis para o investimento na produção de biodiesel na região Norte são aqueles que reúnem as seguintes condições:

- a) processo de transesterificação metílica.
- b) dendê como matéria-prima.
- c) certificação do Selo Combustível Social.

9.4.4 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA - REGIÃO NORDESTE

O estudo econômico desenvolvido para a região Nordeste será baseado nas Figuras 9.11, C.3 a C.6 (Anexo C); e nas Tabelas 9.3, C.3 a C.6 (Anexo C).

Os comentários gerais quanto à interpretação dos resultados e as convenções adotadas são similares às apresentadas na análise desenvolvida no item 9.4.3.

A Figura 9.11 é um conjunto de gráficos comparativos baseados nos dados da Tabela 9.3 com o objetivo de facilitar a compreensão dos mesmos. As Tabelas C.3 a C.6 apresentam o fluxo de caixa do investimento na planta de produção durante o período de amortização do capital; considerando-se as variáveis de entrada fixas, isto é, em situação de certeza.

Os resultados da análise dinâmica e de sensibilidade dos cenários são mostrados nos gráficos das Figuras C.3 a C.6.

A análise do gráfico 6 da Figura 9.11 mostra que a transesterificação metílica produz biodiesel cerca de 13 a 15% mais barato quando comparada com a transesterificação etílica, considerando-se o mesmo tipo de óleo. Dentre os óleos verifica-se que o dendê seguido pela mamona produz o biocombustível mais barato considerando-se o mesmo álcool usado na transesterificação.

A combinação destes dois últimos referenciais revela que os custos mais baixos de biodiesel são do dendê-metílico, mamona-metílica, dendê-etílico e mamona-etílica respectivamente.

O custo de produção do biodiesel, quando comparado ao do diesel mineral são cerca de 179; 202; 210 e 234% maiores considerando a produção a partir do dendê-metílico, mamona-metílica, dendê-etílico e mamona-etílica respectivamente. Estes resultados podem ser verificados no gráfico 6 da Figura 9.11.

No gráfico 5 da Figura 9,12 verifica-se que a probabilidade do custo da tonelada de biodiesel permanecer em torno de R\$ 1.000,00 a R\$ 1.500,00, é cerca de 31, 17, 11 e 6% dendê-metílico, mamona-metílica, dendê-etílico e mamona-etílica respectivamente. Isso significa que os processos que têm mais chance de produzir biodiesel a um preço competitivo com o diesel mineral são o dendê-metílico e a mamona-metílica. A curva de distribuição de probabilidade para cada cenário pode ser verificada em detalhe nas Figuras C.3 a C.6.

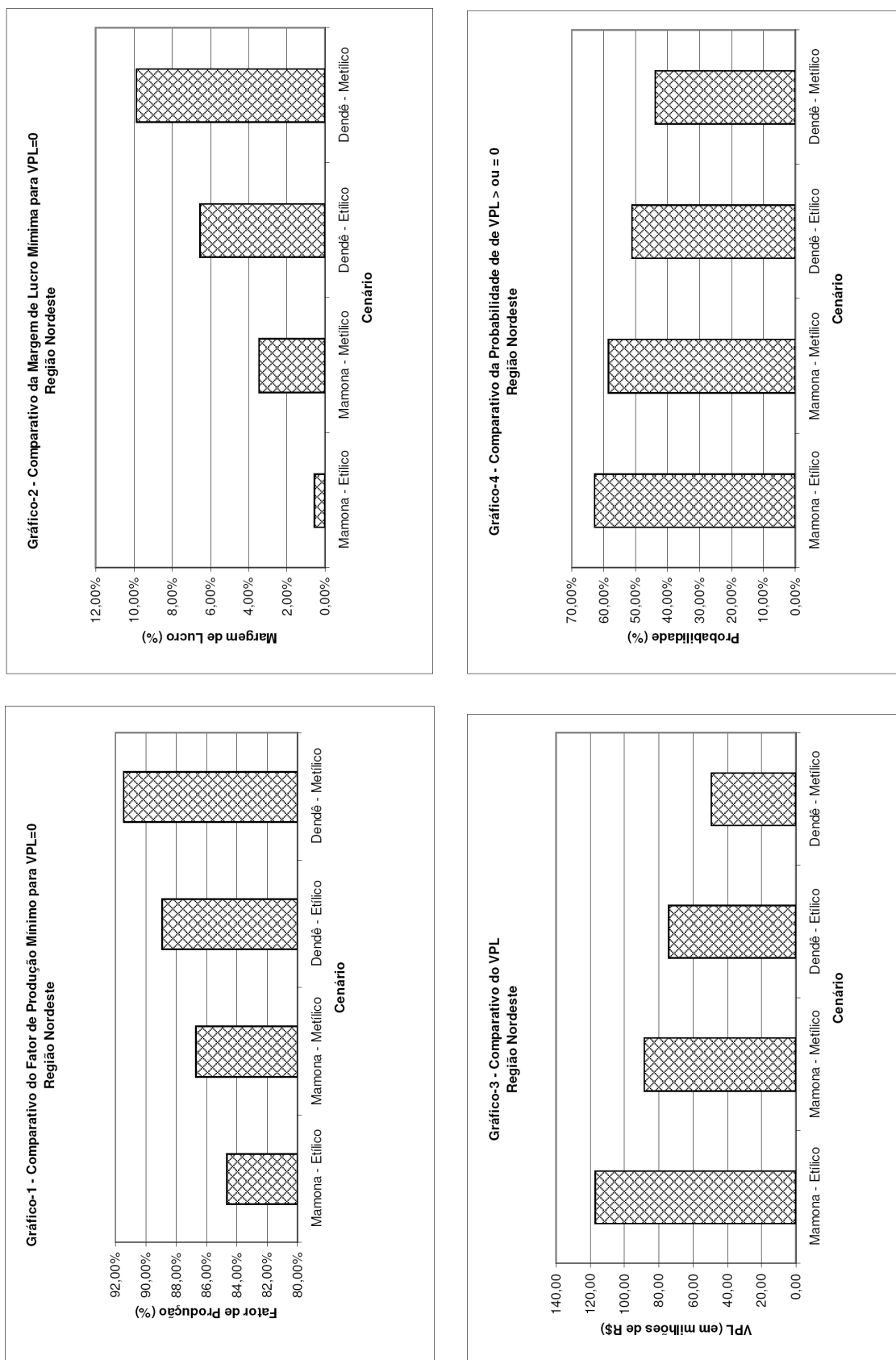


Figura 9.11: Gráficos comparativos dos resultados –região nordeste.

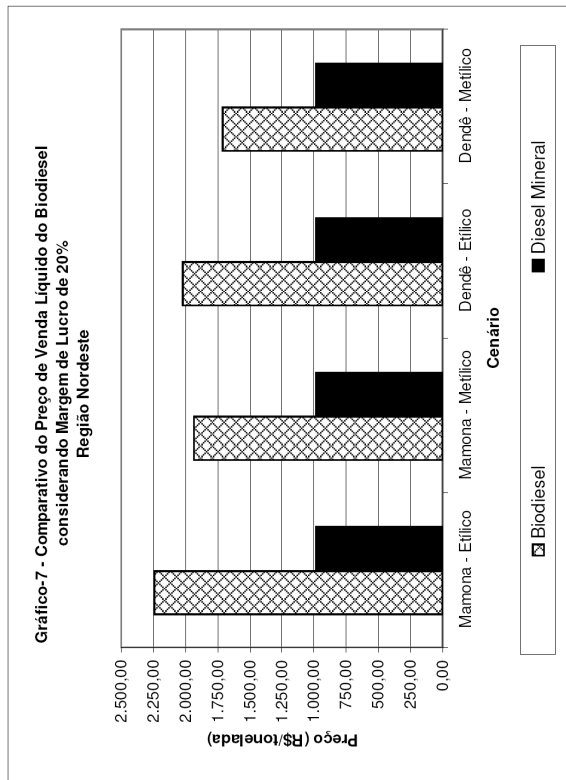
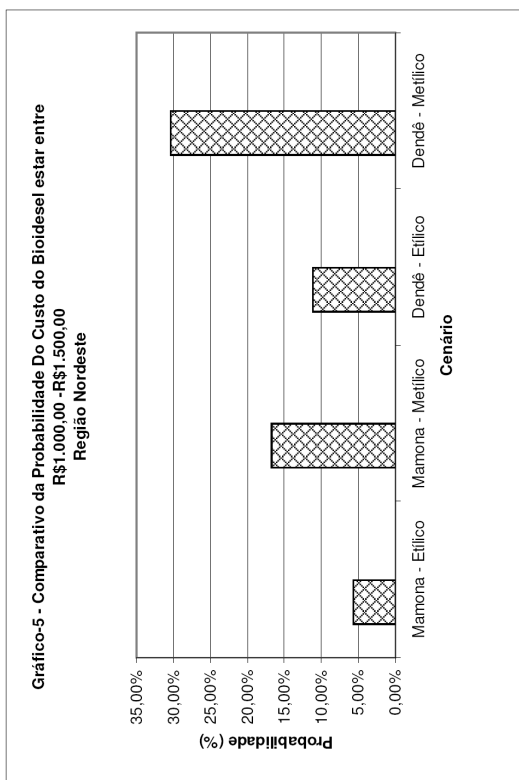
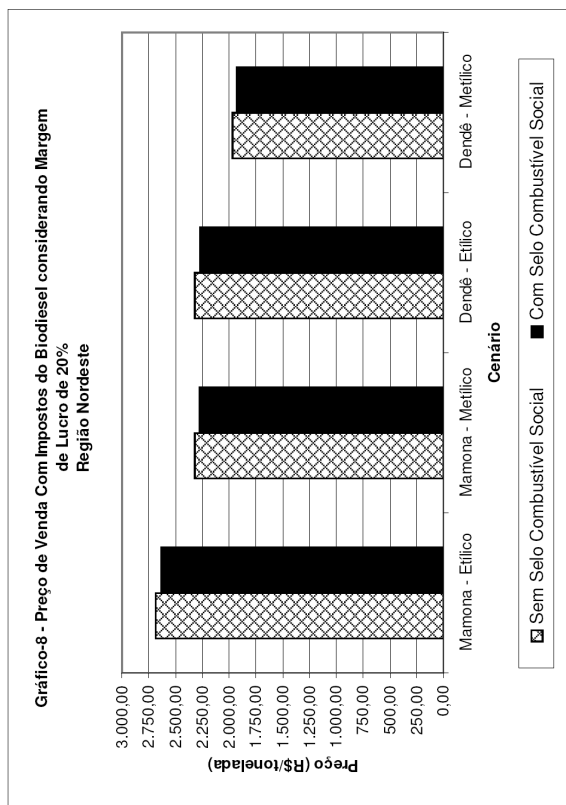
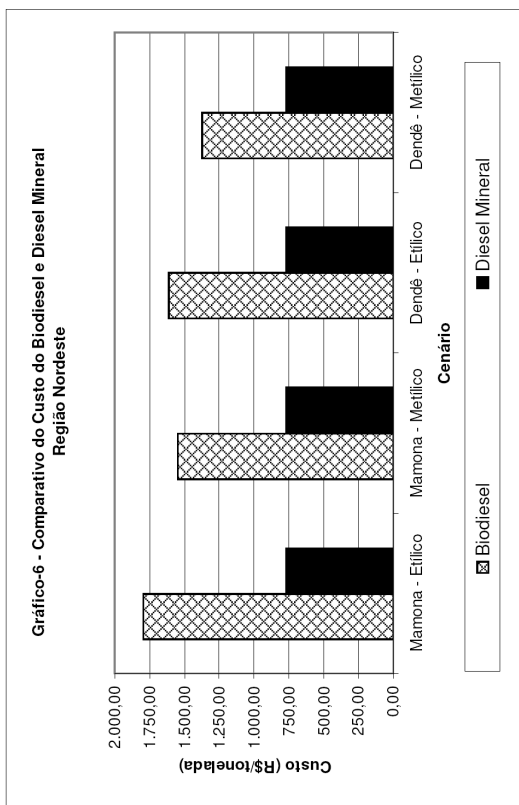


Figura 9.11: Gráficos comparativos dos resultados –região nordeste (continuação).

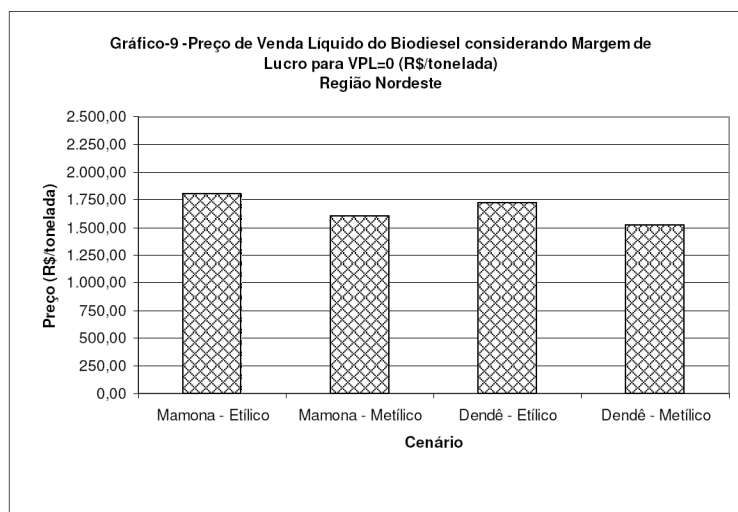


Figura 9.11: Gráficos comparativos dos resultados –região nordeste (continuação).

Analisando-se os gráficos de sensibilidade (tipo “tornado”) para o custo do biodiesel apresentados nas Figuras C.3 a C.6; verifica-se que os fatores mais influentes na composição do custo final do biodiesel são os custos dos óleos, do álcool, dos fretes e transportes, do tratamento de efluentes e do preço de venda da glicerina, com níveis de variação médios de 62, 14, 10, 8 e 7%, respectivamente para a variação padrão de um desvio nos valores de entrada do modelo. Esses valores são coerentes com o grau de contribuição de cada insumo componente do biodiesel no custo total do mesmo apresentado na Tabela C.31 do Anexo C.

Ainda nas Figuras C.3 a C.6; os níveis de sensibilidade descritos para os óleos e para a venda da glicerina podem ser analisados em detalhe através dos gráficos que relacionam os custos do biodiesel em função do custo do óleo e do preço de venda da glicerina. Nestes gráficos verifica-se que o aumento de uma unidade no preço de venda da glicerina resulta na queda de R\$ 0,15 no custo do biodiesel na transesterificação etílica e R\$ 0,12 na transesterificação metílica. Isto significa que a queda de preço do biodiesel varia de 12% a 15% do total do aumento do preço de venda da glicerina. Por outro lado o aumento de uma unidade no custo do óleo ou gordura provoca o aumento de R\$ 1,25 no custo do biodiesel, isto é, a elevação do custo do biocombustível é 25% maior que o aumento do custo do óleo ou gordura. Estes valores confirmam os níveis de sensibilidade expressos pelos gráficos tornado já analisados. As observações feitas no item 9.4.3 sobre a importância do reciclo do álcool e da glicerina no processos de produção de biodiesel em escala industrial são válidas neste caso também.

O preço de venda líquido expresso no gráfico 7 da Figura 9.11 tem o mesmo comportamento dos custos do biodiesel já analisados.

No gráfico 8 da Figura 9.11, devido a diferença da alíquota do ICMS para o biodiesel proveniente de mamona e dendê; os preços de venda mais levados são do biodiesel de mamona-etílico, mamona-metílico, dendê-etílico e dendê metílico respectivamente. Verifica-se que o Selo Combustível Social contribui com uma redução de 2,08% nos preços de venda em todos os casos. É importante observar que este incentivo fiscal obtido através do selo é de grande valia para o produtor que vende o biodiesel na modalidade de leilão.

Analisando-se o gráfico 3 da Figura 9.11 percebe-se que os investimentos mais atraentes são aqueles que fazem uso do dendê-metílico, dendê-etílico, mamona-metílica e mamona-etílica respectivamente.

Analisando-se os gráficos de sensibilidade (tipo “tornado”) para o VPL do empreendimento apresentados nas Figuras C.3 a C.6; verifica-se que os fatores mais influentes na composição do VPL são: o custo do óleo, o fator de produção da planta, o custo do álcool, o custo do tratamento de efluentes, o custo do etilenoglicol no caso da transesterificação etílica, e o custo do ácido clorídrico no caso da transesterificação metílica; com níveis de variação médios 63, 32, 12, 12, 6 e 3% , respectivamente para a variação padrão de um desvio nos valores de entrada do modelo.

Os gráficos 1, 2, 4 e 9 da Figura 9.11 mostram o comportamento dos parâmetros na condição de VPL igual a zero.

No gráfico 1 da Figura 9.11, o fator de produção da planta, devido aos preços de venda serem maiores para óleos mais caros, verifica-se que a capacidade ociosa da planta mínima para garantir o VPL igual a zero é menor para o dendê-metílico, dendê-etílico, mamona-metílica e mamona-etílica respectivamente. De um modo geral a planta não deve operar em menos de 9 % de sua capacidade total.

No gráfico 2 da Figura 9.11, a margem de lucro mínima a ser aplicada para gerar um VPL igual a zero são comparadas. Verifica-se que custos menores de matérias-primas implicam em margens de lucro mínimas maiores, portanto as situações mais favoráveis são o dendê-metílico, dendê-etílico, mamona-metílica e mamona-etílica respectivamente.

No gráfico 4 da Figura C.2 são apresentadas as probabilidades do valor de VPL ser maior ou igual a zero para cada um dos cenários simulados. A partir dos resultados obtidos, pode-se dizer que os investimentos têm uma chance de 43 a 63% de serem viáveis; considerando-se que seja praticada a margem de lucro de 20% sobre o custo do biodiesel. A curva de distribuição de probabilidade para cada cenário pode ser verificada em detalhe nas Figuras C.3 a C.6.

No gráfico 9 da Figura 9.11 é mostrado o preço de venda líquido de biodiesel para que o valor de VPL seja zero. Comparando estes preços com níveis de preço mostrados no gráfico 7 verificam-se reduções de 13,17, 21, e 24% nos preços para o dendê-metílico, dendê-etílico, mamona-metílica e mamona-etílica respectivamente. Estes resultados são coerentes com os apresentados no gráfico 2; evidenciando o

sacrifício da margem de lucro maior naqueles processos que produzem biodiesel a um custo mais elevado.

Após o estudo crítico dos resultados das simulações realizadas verifica-se que os cenários mais favoráveis para o investimento na produção de biodiesel na região Nordeste são aqueles que reúnem as seguintes condições:

- a) processo de transesterificação metílica.
- b) óleo de dendê ou mamona como matéria-prima.
- c) certificação do Selo Combustível Social.

9.4.5 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA - REGIÃO CENTRO-OESTE

O estudo econômico desenvolvido para a região Centro-Oeste será baseado nas Figuras 9.12, C.7 a C.14 (Anexo C); e nas Tabelas 9.3, C.7 a C.14 (Anexo C).

Os comentários gerais quanto à interpretação dos resultados e as convenções adotadas são similares às apresentadas na análise desenvolvida no item 9.4.3.

A Figura 9.12 é um conjunto de gráficos comparativos baseados nos dados da Tabela 9.3 com o objetivo de facilitar a compreensão dos mesmos. As Tabelas C.7 a C.14 apresentam o fluxo de caixa do investimento na planta de produção durante o período de amortização do capital; considerando-se as variáveis de entrada fixas, isto é, em situação de certeza.

Os resultados da análise dinâmica e de sensibilidade dos cenários são mostrados nos gráficos das Figuras C.7 a C.14.

A análise do gráfico 6 da Figura 9.12 mostra que a transesterificação metílica produz biodiesel cerca de 3 a 4% mais barato quando comparada com a transesterificação etílica, considerando-se o mesmo tipo de óleo. Dentre os óleos verifica-se que o sebo bovino seguido pelo girassol, mamona e soja produz o biocombustível mais barato considerando-se o mesmo álcool usado na transesterificação.

A combinação destes dois últimos referenciais revela que os custos mais baixos de biodiesel são do sebo-metílico, girassol-metílico, sebo-etílico; girassol-etílico; mamona-metílica; mamona-etílica; soja-metílica e soja-etílica respectivamente.

O custo de produção do biodiesel, quando comparado ao do diesel mineral são cerca de 162; 167; 169; 174; 206; 212; 230 e 236% maiores considerando a produção a partir do sebo-metílico, girassol-metílico, sebo-etílico; girassol-etílico; mamona-metílica; mamona-etílica; soja-metílica e soja-etílica respectivamente. Estes resultados podem ser verificados no gráfico 6 da Figura 9.12.

No gráfico 5 da Figura 9.12 verifica-se que a probabilidade do custo da tonelada de biodiesel permanecer em torno de R\$ 1.000,00 a R\$ 1.500,00, é cerca de 33; 28; 26; 22; 9; 6; 4 e 3% para o sebo-metílico, girassol-metílico, sebo-etílico; girassol-etílico; mamona-metílica; mamona-etílica; soja-metílica e soja-etílica respectivamente. Isso significa que as matérias-primas que têm mais chance de produzir biodiesel a um preço competitivo com o diesel mineral são o sebo bovino e o girassol. A curva de distribuição de probabilidade para cada cenário pode ser verificada em detalhe nas Figuras C.7 a C.14.

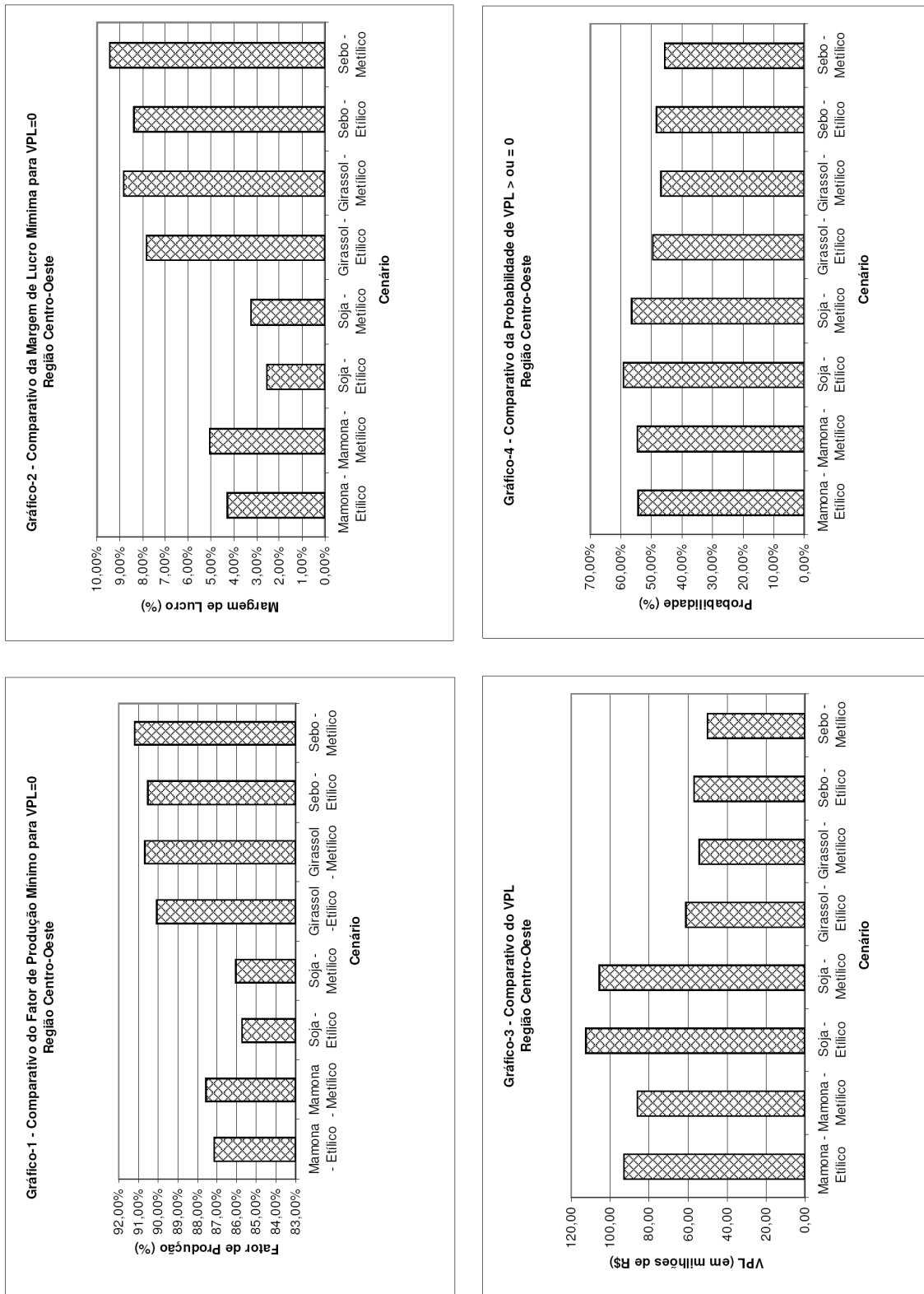


Figura 9.12: Gráficos comparativos dos resultados –região centro-oeste.

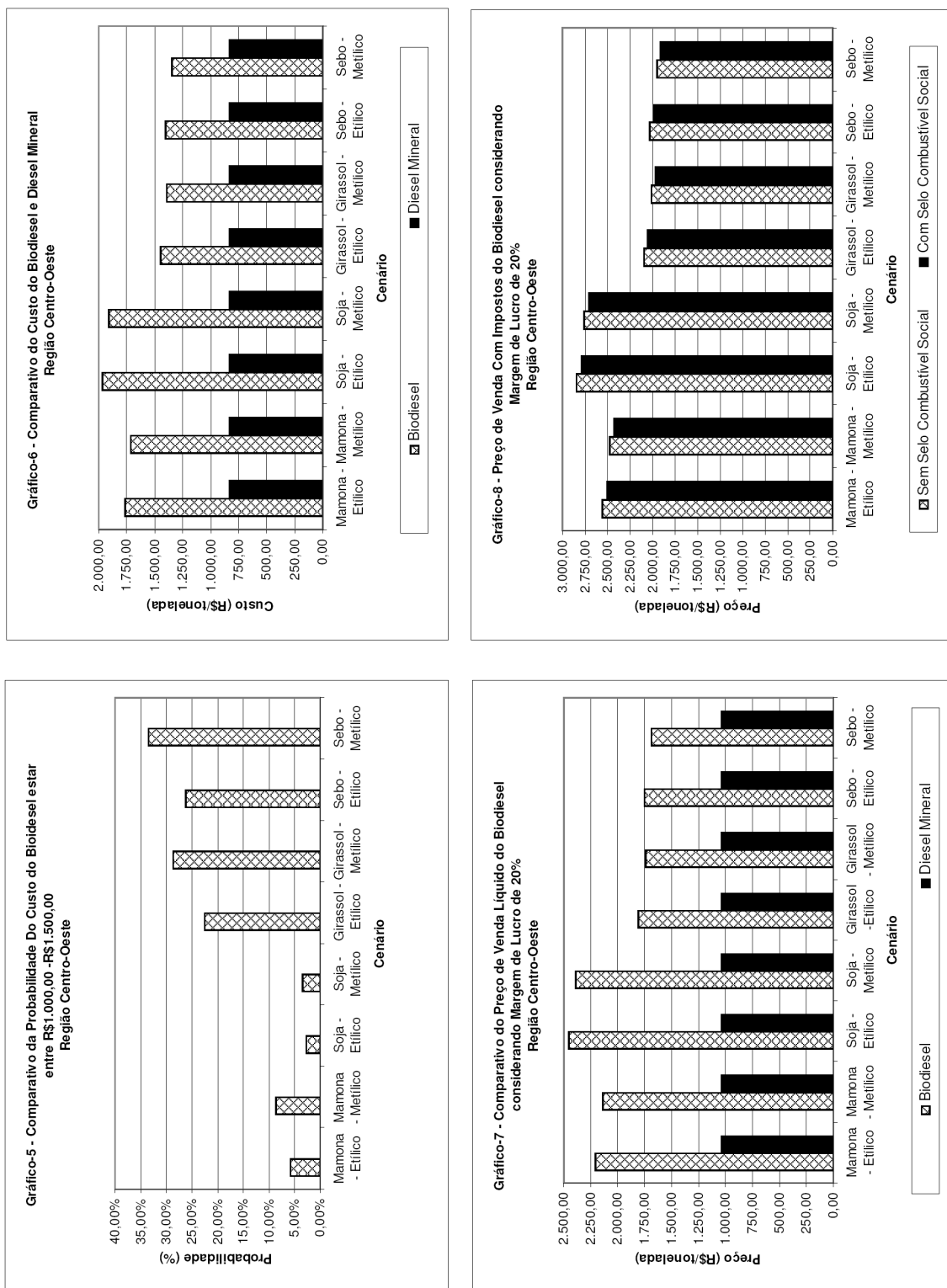


Figura 9.12: Gráficos comparativos dos resultados –região centro-oeste (continuação).

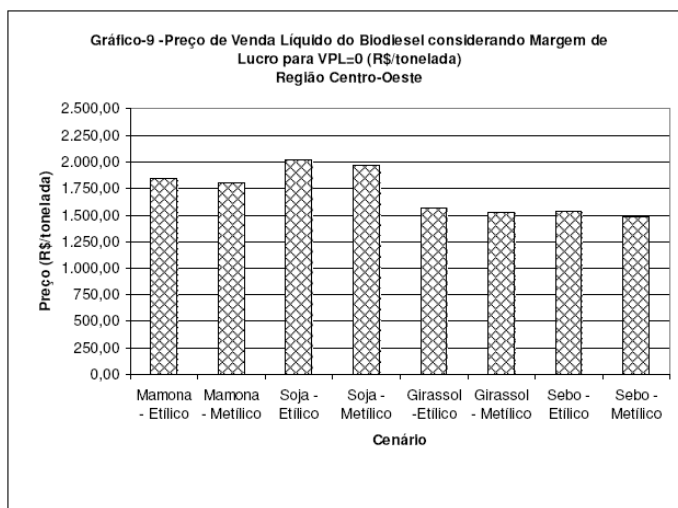


Figura 9.12: Gráficos comparativos dos resultados –região centro-oeste (continuação).

Analisando-se os gráficos de sensibilidade (tipo “tornado”) para o custo do biodiesel apresentados nas Figuras C.7 a C.14; verifica-se que os fatores mais influentes na composição do custo final do biodiesel são os custos dos óleos, do álcool, dos fretes e transportes, do tratamento de efluentes e do preço de venda da glicerina, com níveis de variação médios de 59, 15, 12, 4 e 3%, respectivamente para a variação padrão de um desvio nos valores de entrada do modelo. Esses valores são coerentes com o grau de contribuição de cada insumo componente do biodiesel no custo total do mesmo apresentado na Tabela C.31 do Anexo C.

Ainda nas Figuras C.7 a C.14; os níveis de sensibilidade descritos para os óleos e para a venda da glicerina podem ser analisados em detalhe através dos gráficos que relacionam os custos do biodiesel em função do custo do óleo e do preço de venda da glicerina. Nestes gráficos verifica-se que o aumento de uma unidade no preço de venda da glicerina resulta na queda de R\$ 0,15 no custo do biodiesel na transesterificação etílica e R\$ 0,12 na transesterificação metílica. Isto significa que a queda de preço do biodiesel varia de 12% a 15% do total do aumento do preço de venda da glicerina. Por outro lado o aumento de uma unidade no custo do óleo ou gordura provoca o aumento de R\$ 1,25 no custo do biodiesel, isto é, a elevação do custo do biocombustível é 25% maior que o aumento do custo do óleo ou gordura. Estes valores confirmam os níveis de sensibilidade expressos pelos gráficos tornado já analisados. As observações feitas no item 9.4.3 sobre a importância do reciclo do álcool e da glicerina no processos de produção de biodiesel em escala industrial são válidas neste caso também.

Os preços de venda expressos nos gráficos 7 e 8 da Figura 9.12 têm o mesmo comportamento dos custos do biodiesel já analisados. Verifica-se a partir do gráfico 8 que o Selo Combustível Social contribui com

uma redução de 2,07% nos preços de venda em todos os casos. É importante observar que este incentivo fiscal obtido através do selo é de grande valia para o produtor que vende o biodiesel na modalidade de leilão.

Analisando-se o gráfico 3 da Figura 9.12 percebe-se que os investimentos mais atraentes são aqueles que fazem uso do sebo-metílico, girassol-metílico, sebo-etílico; girassol-etílico; mamona-metílica; mamona-etílica; soja-metílica e soja-etílica respectivamente.

Analisando-se os gráficos de sensibilidade (tipo “tornado”) para o VPL do empreendimento apresentados nas Figuras C.7 a C.14; verifica-se que os fatores mais influentes na composição do VPL são: o custo do óleo, o fator de produção da planta, o custo do álcool, o custo do tratamento de efluentes, o custo do etilenoglicol no caso da transesterificação etílica, e o custo do ácido clorídrico no caso da transesterificação metílica; com níveis de variação médios 60, 31, 15, 12, 6 e 3% , respectivamente para a variação padrão de um desvio nos valores de entrada do modelo.

Os gráficos 1, 2, 4 e 9 da Figura 9.12 mostram o comportamento dos parâmetros na condição de VPL igual a zero.

No gráfico 1 da Figura 9.12, o fator de produção da planta, devido aos preços de venda serem maiores para óleos mais caros, verifica-se que a capacidade ociosa da planta mínima para garantir o VPL igual a zero é menor para o sebo-metílico, girassol-metílico, sebo-etílico; girassol-etílico; mamona-metílica; mamona-etílica; soja-metílica e soja-etílica respectivamente. De um modo geral a planta não deve operar em menos de 8,81% de sua capacidade total.

No gráfico 2 da Figura 9.12, a margem de lucro mínima a ser aplicada para gerar um VPL igual a zero são comparadas. Verifica-se que custos menores de matérias-primas implicam em margens de lucro mínimas maiores, portanto as situações mais favoráveis são o sebo-metílico, girassol-metílico, sebo-etílico; girassol-etílico; mamona-metílica; mamona-etílica; soja-metílica e soja-etílica respectivamente.

No gráfico 4 da Figura 9.12 são apresentadas as probabilidades do valor de VPL ser maior ou igual a zero para cada um dos cenários simulados. A partir dos resultados obtidos, pode-se dizer que os investimentos têm uma chance de 45 a 59% de serem viáveis; considerando-se que seja praticada a margem de lucro de 20% sobre o custo do biodiesel. A curva de distribuição de probabilidade para cada cenário pode ser verificada em detalhe nas Figuras C.7 a C.14.

No gráfico 9 da Figura 9.12 é mostrado o preço de venda líquido de biodiesel para que o valor de VPL seja zero. Comparando estes preços com níveis de preço mostrados no gráfico 7 verificam-se reduções de 13,14, 15, 15, 10, 20, 21 e 22% nos preços para o sebo-metílico, girassol-metílico, sebo-etílico; girassol-etílico; mamona-metílica; mamona-etílica; soja-metílica e soja-etílica respectivamente. Estes resultados são coerentes com os apresentados no gráfico 2;

evidenciando o sacrifício da margem de lucro maior naqueles processos que produzem biodiesel a um custo mais elevado.

Após o estudo crítico dos resultados das simulações realizadas verifica-se que os cenários mais favoráveis para o investimento na produção de biodiesel na região Centro-Oeste são aqueles que reúnem as seguintes condições:

- a) processo de transesterificação metílica.
- b) sebo bovino ou óleo de girassol como matéria-prima.
- c) certificação do Selo Combustível Social.

9.4.6 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA - REGIÃO SUDESTE

O estudo econômico desenvolvido para a região Sudeste será baseado nas Figuras 9.13, C.15 a C.22 (Anexo C); e nas Tabelas 9.3, C.15 a C.22 (Anexo C).

Os comentários gerais quanto à interpretação dos resultados e as convenções adotadas são similares às apresentadas na análise desenvolvida no item 9.4.3.

A Figura 9.13 é um conjunto de gráficos comparativos baseados nos dados da Tabela 9.3 com o objetivo de facilitar a compreensão dos mesmos. As Tabelas C.15 a C.22 apresentam o fluxo de caixa do investimento na planta de produção durante o período de amortização do capital; considerando-se as variáveis de entrada fixas, isto é, em situação de certeza.

Os resultados da análise dinâmica e de sensibilidade dos cenários são mostrados nos gráficos das Figuras C.15 a C.22.

A análise do gráfico 6 da Figura 9.13 mostra que a diferença de custo do biodiesel produzido através da transesterificação etílica e metílica é desprezível girando em torno de 0,2 a 0,3%, considerando-se o mesmo tipo de óleo. Devido a este fato, nas análises seguintes não será feita distinção entre o processo metílico e etílico.

Dentre os óleos verifica-se que o sebo bovino seguido pelo girassol, mamona e soja produz o biocombustível mais barato considerando-se o mesmo álcool usado na transesterificação.

A combinação destes dois últimos referenciais revela que os custos mais baixos de biodiesel são do sebo, girassol, mamona e soja respectivamente.

O custo de produção do biodiesel, quando comparado ao do diesel mineral são cerca de 166; 171; 212 e 238% maiores considerando a produção a partir do sebo, girassol, mamona e soja respectivamente. Estes resultados podem ser verificados no gráfico 6 da Figura 9.13.

No gráfico 5 da Figura 9.13 verifica-se que a probabilidade do custo da tonelada de biodiesel permanecer em torno de R\$ 1.000,00 a R\$ 1.500,00, é cerca de 38; 33; 10; e 4% para o sebo, girassol, mamona e soja respectivamente. Isso significa que as matérias-primas que têm mais chance de produzir biodiesel a um preço competitivo com o diesel mineral são o sebo bovino e o girassol. A curva de distribuição de probabilidade para cada cenário pode ser verificada em detalhe nas Figuras C.15 a C.22.

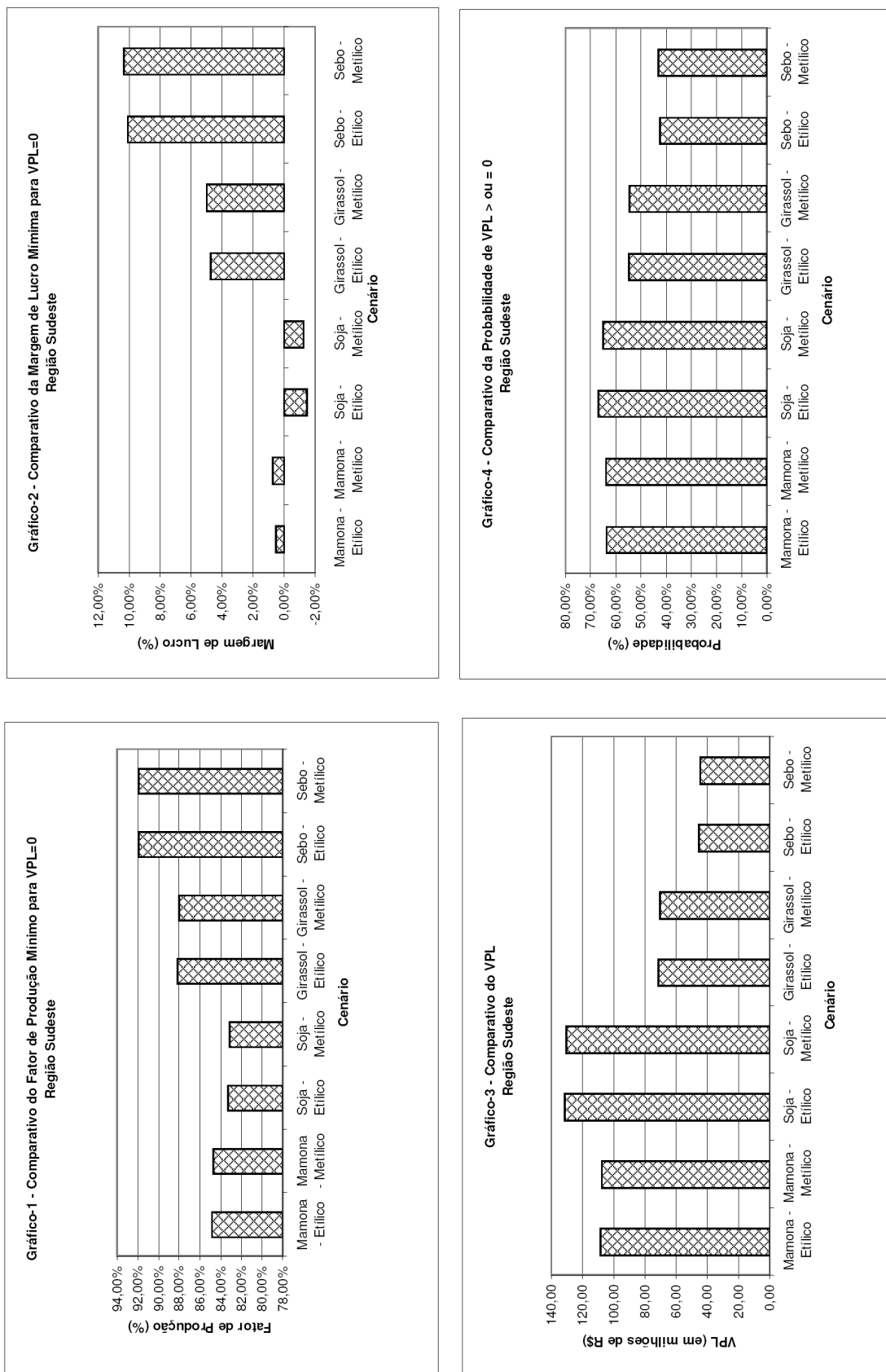


Figura 9.13: Gráficos comparativos dos resultados –região sudeste.

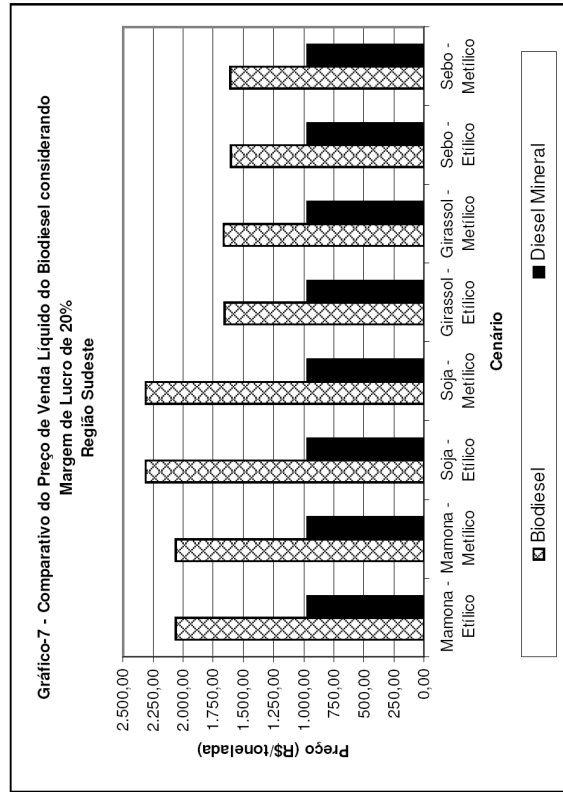
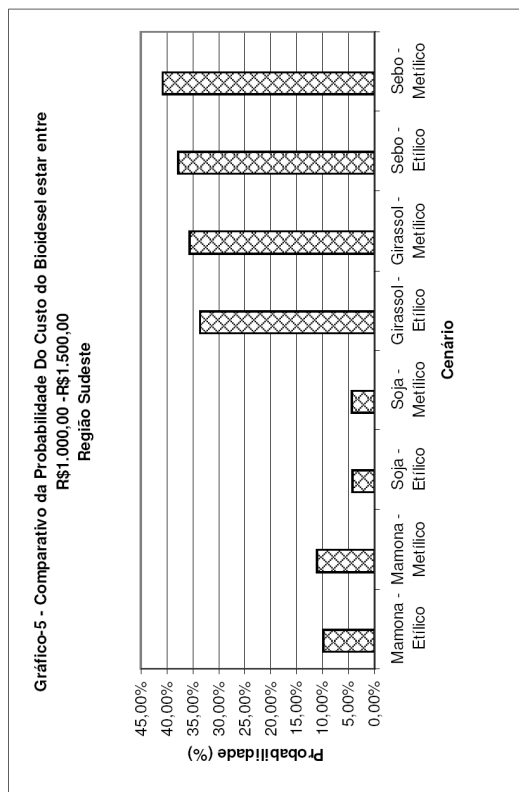
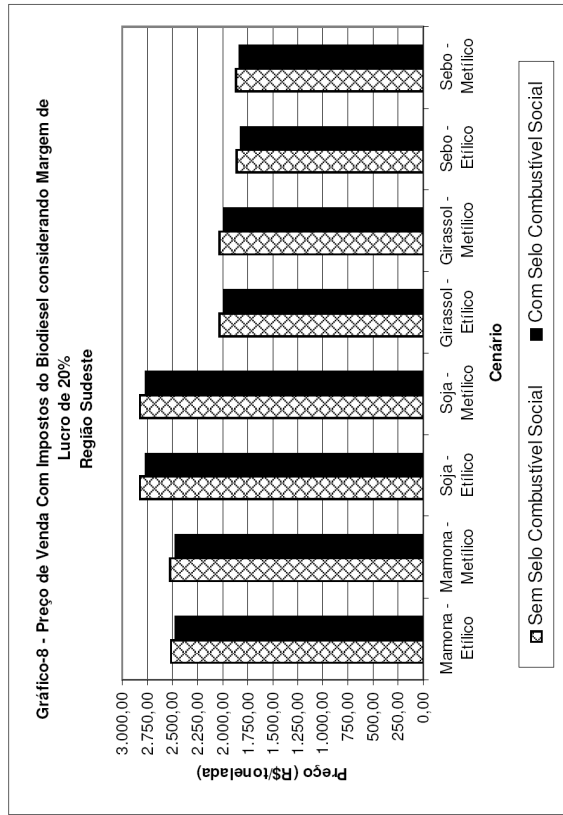
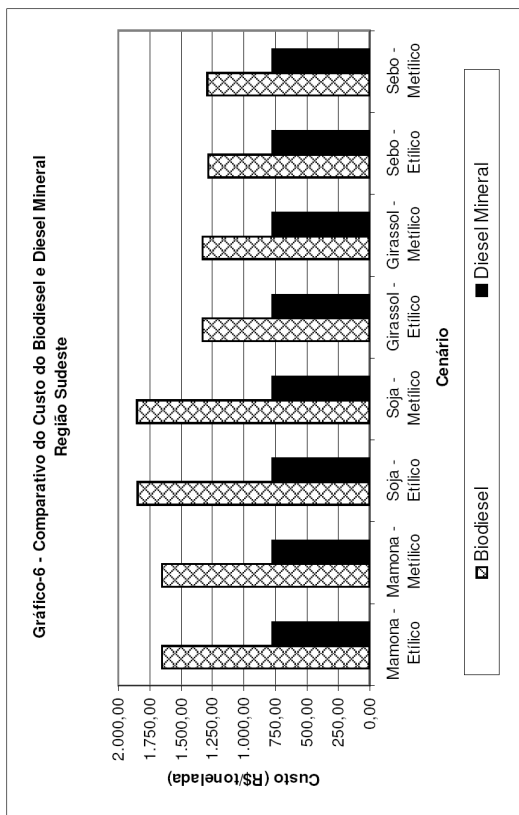


Figura 9.13: Gráficos comparativos dos resultados –região sudeste (continuação).

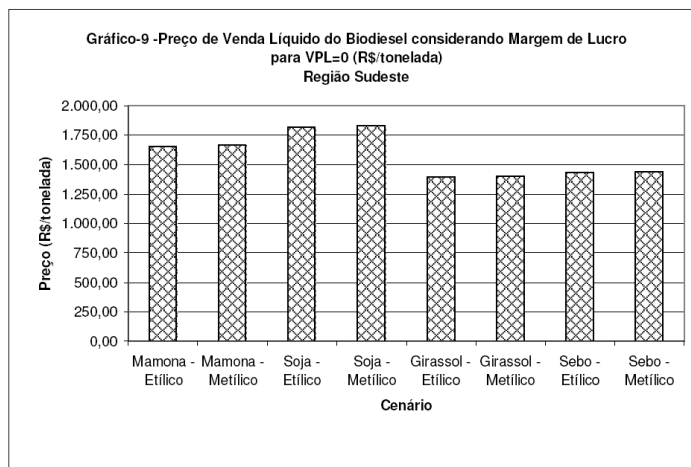


Figura 9.13: Gráficos comparativos dos resultados –região sudeste (continuação).

Analisando-se os gráficos de sensibilidade (tipo “tornado”) para o custo do biodiesel apresentados nas Figuras C.15 a C.22; verifica-se que os fatores mais influentes na composição do custo final do biodiesel são os custos dos óleos, do álcool, dos fretes e transportes, do tratamento de efluentes e do preço de venda da glicerina, com níveis de variação médios de 62, 14, 11, 4 e 3%, respectivamente para a variação padrão de um desvio nos valores de entrada do modelo. Esses valores são coerentes com o grau de contribuição de cada insumo componente do biodiesel no custo total do mesmo apresentado na Tabela C.31 do Anexo C.

Ainda nas Figuras C.20 a C.27; os níveis de sensibilidade descritos para os óleos e para a venda da glicerina podem ser analisados em detalhe através dos gráficos que relacionam os custos do biodiesel em função do custo do óleo e do preço de venda da glicerina. Nestes gráficos verifica-se que o aumento de uma unidade no preço de venda da glicerina resulta na queda de R\$ 0,15 no custo do biodiesel na transesterificação etílica e R\$ 0,12 na transesterificação metílica. Isto significa que a queda de preço do biodiesel varia de 12% a 15% do total do aumento do preço de venda da glicerina. Por outro lado o aumento de uma unidade no custo do óleo ou gordura provoca o aumento de R\$ 1,25 no custo do biodiesel, isto é, a elevação do custo do biocombustível é 25% maior que o aumento do custo do óleo ou gordura. Estes valores confirmam os níveis de sensibilidade expressos pelos gráficos tornado já analisados. As observações feitas no item 9.4.3 sobre a importância do reciclo do álcool e da glicerina no processos de produção de biodiesel em escala industrial são válidas neste caso também.

Os preços de venda expressos nos gráficos 7 e 8 da Figura 9.13 têm o mesmo comportamento dos custos do biodiesel já analisados. Verifica-se a partir do gráfico 8 que o Selo Combustível Social contribui com uma redução de 2,07% nos preços de venda em todos os casos. É

importante observar que este incentivo fiscal obtido através do selo é de grande valia para o produtor que vende o biodiesel na modalidade de leilão.

Analisando-se o gráfico 3 da Figura 9.13 percebe-se que os investimentos mais atraentes são aqueles que fazem uso do sebo, girassol, mamona e soja respectivamente.

Analisando-se os gráficos de sensibilidade (tipo “tornado”) para o VPL do empreendimento apresentados nas Figuras C.15 a C.22; verifica-se que os fatores mais influentes na composição do VPL são: o custo do óleo, o fator de produção da planta, o custo do álcool, o custo do tratamento de efluentes, o custo do etilenoglicol no caso da transesterificação etílica, e o custo do ácido clorídrico no caso da transesterificação metílica; com níveis de variação médios 63, 33, 13, 12, 6 e 3% , respectivamente para a variação padrão de um desvio nos valores de entrada do modelo.

Os gráficos 1, 2, 4 e 9 da Figura 9.13 mostram o comportamento dos parâmetros na condição de VPL igual a zero.

No gráfico 1 da Figura 9.13, o fator de produção da planta, devido aos preços de venda serem maiores para óleos mais caros, verifica-se que a capacidade ociosa da planta mínima para garantir o VPL igual a zero é menor para o sebo, girassol, mamona e soja respectivamente. De um modo geral a planta não deve operar em menos de 8% de sua capacidade total.

No gráfico 2 da Figura C.4, a margem de lucro mínima a ser aplicada para gerar um VPL igual a zero são comparadas. Verifica-se que custos menores de matérias-primas implicam em margens de lucro mínimas maiores, portanto as situações mais favoráveis são o sebo, girassol, mamona e soja respectivamente.

É importante observar que no caso da soja, devido ao elevado custo da oleaginosa e, portanto, do preço de venda mínimo ser elevado, é possível trabalhar com margens negativas, na medida que também são consideradas as receitas da glicerina e dos ácidos graxos e sabões.

No gráfico 4 da Figura 9.13 são apresentadas as probabilidades do valor de VPL ser maior ou igual a zero para cada um dos cenários simulados. A partir dos resultados obtidos, pode-se dizer que os investimentos têm uma chance de 43 a 67% de serem viáveis; considerando-se que seja praticada a margem de lucro de 20% sobre o custo do biodiesel. A curva de distribuição de probabilidade para cada cenário pode ser verificada em detalhe nas Figuras C.15 a C.22.

No gráfico 9 da Figura 9.13 é mostrado o preço de venda líquido de biodiesel para que o valor de VPL seja zero. Comparando estes preços com níveis de preço mostrados no gráfico 7 verificam-se reduções de 12,19, 24, 27% nos preços para o sebo, girassol, mamona e soja respectivamente. Estes resultados são coerentes com os apresentados no gráfico 2; evidenciando o sacrifício da margem de lucro maior naqueles processos que produzem biodiesel a um custo mais elevado. O tipo de álcool utilizado não influi de maneira expressiva nos

resultados obtidos para uma mesma matéria-prima, como observado ao longo desta análise.

Após o estudo crítico dos resultados das simulações realizadas verifica-se que os cenários mais favoráveis para o investimento na produção de biodiesel na região Sudeste são aqueles que reúnem as seguintes condições:

- a) processo de transesterificação metílica ou etílica.
- b) sebo bovino ou óleo de girassol como matéria-prima.
- c) certificação do Selo Combustível Social.

9.4.7 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA - REGIÃO SUL

O estudo econômico desenvolvido para a região Sul será baseado nas Figuras 9.14, C.23 a C.30 (Anexo C); e nas Tabelas 9.3, C.23 a C.30 (Anexo C).

Os comentários gerais quanto à interpretação dos resultados e as convenções adotadas são similares às apresentadas na análise desenvolvida no item 9.4.3.

A Figura 9.14 é um conjunto de gráficos comparativos baseados nos dados da Tabela 9.3 com o objetivo de facilitar a compreensão dos mesmos. As Tabelas C.23 a C.30 apresentam o fluxo de caixa do investimento na planta de produção durante o período de amortização do capital; considerando-se as variáveis de entrada fixas, isto é, em situação de certeza.

Os resultados da análise dinâmica e de sensibilidade dos cenários são mostrados nos gráficos das Figuras C.24 a C.30.

A análise do gráfico 6 da Figura 9.14 mostra que a transesterificação etílica produz biodiesel cerca de 0,7 a 1,2% mais barato quando comparada com a transesterificação metílica, considerando-se o mesmo tipo de óleo. Esta diferença é bem pequena mais considerável na medida que a modalidade de venda imposta pela Petrobras é o leilão, onde qualquer redução no preço é sensível.

Dentre os óleos verifica-se que o sebo bovino seguido pelo girassol, soja e colza produz o biocombustível mais barato considerando-se o mesmo álcool usado na transesterificação. É interessante observar que os custos alcançados pela soja e colza são bem próximo com uma diferença de 1,2%.

A combinação destes dois últimos referenciais revela que os custos mais baixos de biodiesel são do sebo-etílico, sebo-metílico, girassol-etílico, girassol-metílico; soja-etílica; soja-metílica; colza-etílica e colza-metílica respectivamente.

O custo de produção do biodiesel, quando comparado ao do diesel mineral são cerca de 171; 173; 176; 178; 243; 245; 246 e 248% maiores considerando a produção a partir do sebo-etílico, sebo-metílico, girassol-etílico, girassol-metílico; soja-etílica; soja-metílica; colza-etílica e colza-metílica respectivamente. Estes resultados podem ser verificados no gráfico 6 da Figura 9.14.

No gráfico 5 da Figura 9.14 verifica-se que a probabilidade do custo da tonelada de biodiesel permanecer em torno de R\$ 1.000,00 a R\$ 1.500,00, é cerca de 32; 32; 27; 28; 3; 3; 3 e 3% para o sebo-etílico, sebo-metílico, girassol-etílico, girassol-metílico; soja-etílica; soja-metílica; colza-etílica e colza-metílica respectivamente. Isso significa que as matérias-primas que têm mais chance de produzir biodiesel a um preço competitivo com o diesel mineral são o sebo bovino e o

girassol. A curva de distribuição de probabilidade para cada cenário pode ser verificada em detalhe nas Figuras C.23 a C.30.

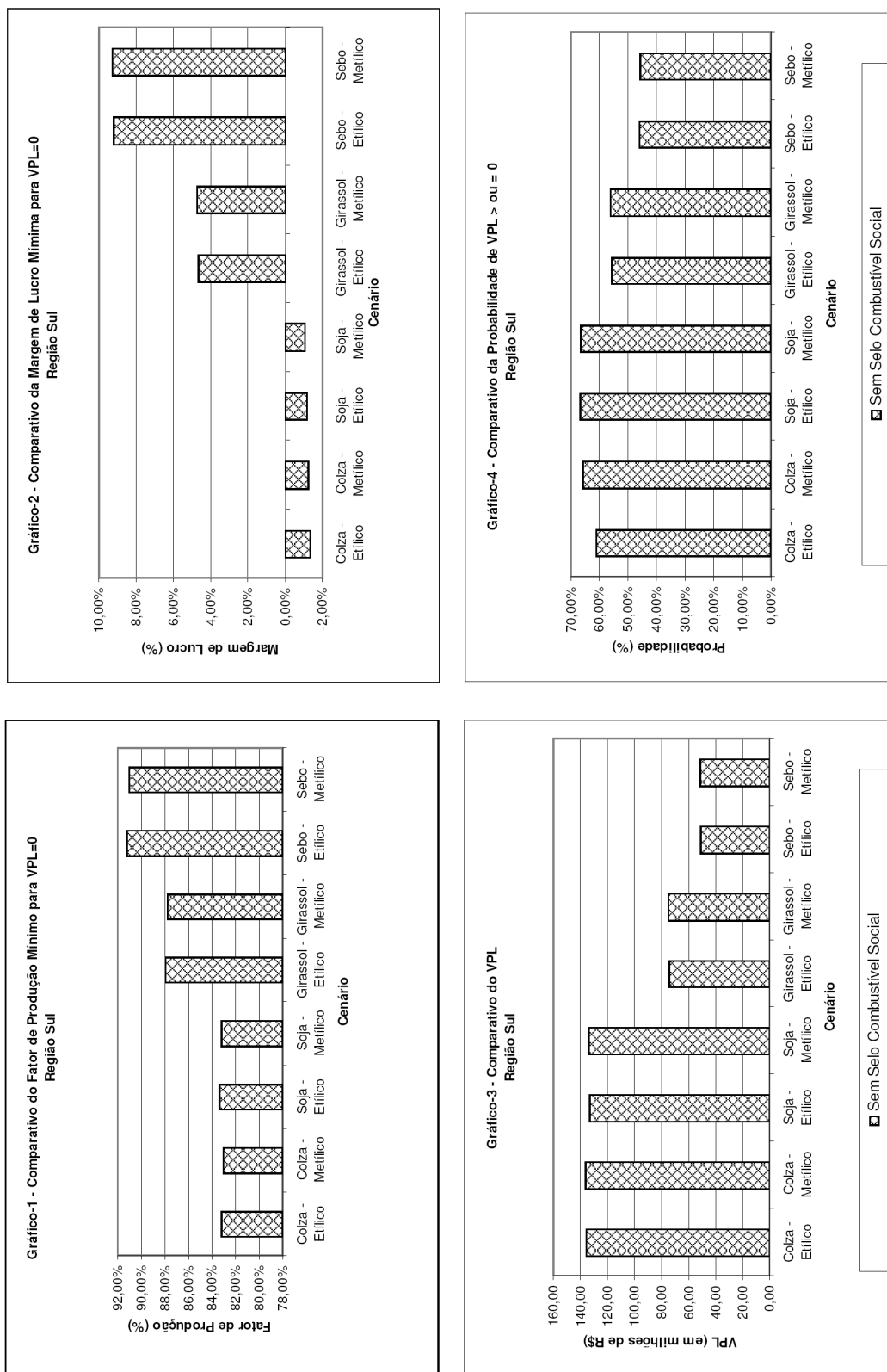


Figura 9.14: Gráficos comparativos dos resultados –região sul.

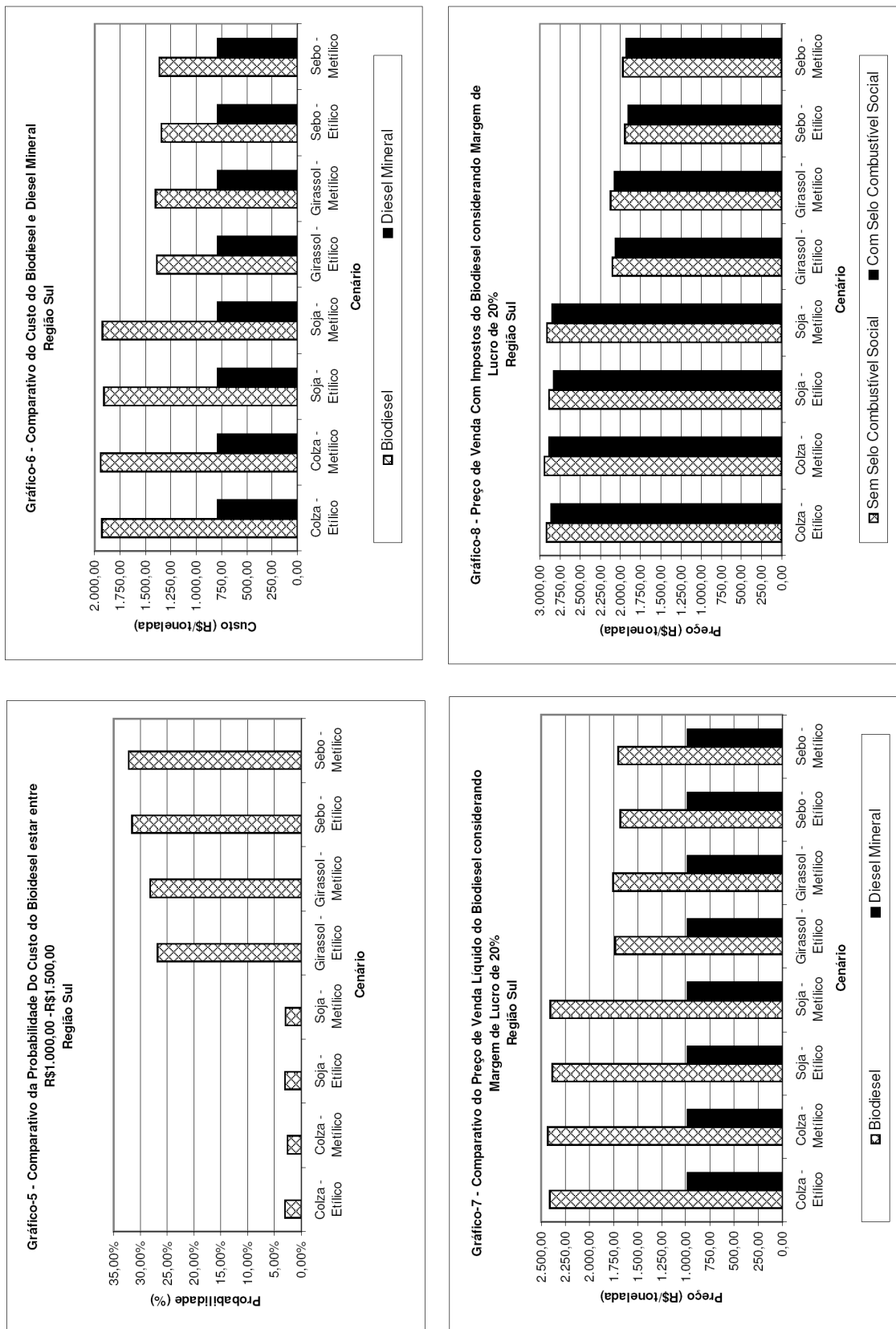


Figura 9.14: Gráficos comparativos dos resultados –região sul (continuação).

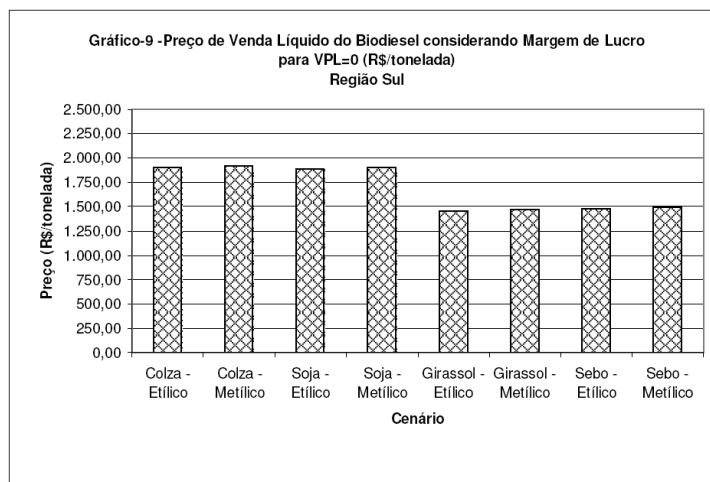


Figura 9.14: Gráficos comparativos dos resultados –região sul (continuação).

Analisando-se os gráficos de sensibilidade (tipo “tornado”) para o custo do biodiesel apresentados nas Figuras C.23 a C.30; verifica-se que os fatores mais influentes na composição do custo final do biodiesel são os custos dos óleos, do álcool, dos fretes e transportes, do tratamento de efluentes e do preço de venda da glicerina, com níveis de variação médios de 60, 14, 11, 4 e 3%, respectivamente para a variação padrão de um desvio nos valores de entrada do modelo. Esses valores são coerentes com o grau de contribuição de cada insumo componente do biodiesel no custo total do mesmo apresentado na Tabela C.31 do Anexo C.

Ainda nas Figuras C.23 a C.30; os níveis de sensibilidade descritos para os óleos e para a venda da glicerina podem ser analisados em detalhe através dos gráficos que relacionam os custos do biodiesel em função do custo do óleo e do preço de venda da glicerina. Nestes gráficos verifica-se que o aumento de uma unidade no preço de venda da glicerina resulta na queda de R\$ 0,15 no custo do biodiesel na transesterificação etílica e R\$ 0,12 na transesterificação metílica. Isto significa que a queda de preço do biodiesel varia de 12% a 15% do total do aumento do preço de venda da glicerina. Por outro lado o aumento de uma unidade no custo do óleo ou gordura provoca o aumento de R\$ 1,25 no custo do biodiesel, isto é, a elevação do custo do biocombustível é 25% maior que o aumento do custo do óleo ou gordura. Estes valores confirmam os níveis de sensibilidade expressos pelos gráficos tornado já analisados. As observações feitas no item 9.4.3 sobre a importância do reciclo do álcool e da glicerina no processos de produção de biodiesel em escala industrial são válidas neste caso também.

Os preços de venda expressos nos gráficos 7 e 8 da Figura 9.14 têm o mesmo comportamento dos custos do biodiesel já analisados. Verifica-se a partir do gráfico 8 que o Selo Combustível Social contribui com uma redução de 2,07% nos preços de venda em todos os casos. É

importante observar que este incentivo fiscal obtido através do selo é de grande valia para o produtor que vende o biodiesel na modalidade de leilão.

Analisando-se o gráfico 3 da Figura 9.14 percebe-se que os investimentos mais atraentes são aqueles que fazem uso do sebo-etílico, sebo-metílico, girassol-etílico, girassol-metílico; soja-etílica; soja-metílica; colza-etílica e colza-metílica respectivamente.

Analisando-se os gráficos de sensibilidade (tipo “tornado”) para o VPL do empreendimento apresentados nas Figuras C.23 a C.30; verifica-se que os fatores mais influentes na composição do VPL são: o custo do óleo, o fator de produção da planta, o custo do álcool, o custo do tratamento de efluentes, o custo do etilenoglicol no caso da transesterificação etílica, e o custo do ácido clorídrico no caso da transesterificação metílica; com níveis de variação médios 61, 32, 13, 12, 6 e 3% , respectivamente para a variação padrão de um desvio nos valores de entrada do modelo.

Os gráficos 1, 2, 4 e 9 da Figura 9.14 mostram o comportamento dos parâmetros na condição de VPL igual a zero.

No gráfico 1 da Figura 9.14, o fator de produção da planta, devido aos preços de venda serem maiores para óleos mais caros, verifica-se que a capacidade ociosa da planta mínima para garantir o VPL igual a zero é menor para o sebo-etílico, sebo-metílico, girassol-etílico, girassol-metílico; soja-etílica; soja-metílica; colza-etílica e colza-metílica respectivamente. De um modo geral a planta não deve operar em menos de 9% de sua capacidade total.

No gráfico 2 da 9.14, a margem de lucro mínima a ser aplicada para gerar um VPL igual a zero são comparadas. Verifica-se que custos menores de matérias-primas implicam em margens de lucro mínimas maiores, portanto as situações mais favoráveis são o sebo-etílico, sebo-metílico, girassol-etílico, girassol-metílico; soja-etílica; soja-metílica; colza-etílica e colza-metílica respectivamente.

É importante observar que no caso da soja e da colza, devido aos elevados custos das oleaginosas e, portanto, dos preços de venda mínimos serem elevados; é possível trabalhahr com margens negativas, na maeida que são consideradas as receitas da glicerina, dos áciod graxos e sabões.

No gráfico 4 da Figura 9.14 são apresentadas as probabilidades do valor de VPL ser maior ou igual a zero para cada um dos cenários simulados. A partir dos resultados obtidos, pode-se dizer que os investimentos têm uma chance de 45 a 67% de serem viáveis; considerando-se que seja praticada a margem de lucro de 20% sobre o custo do biodiesel. A curva de distribuição de probabilidade para cada cenário pode ser verificada em detalhe nas Figuras C.23 a C.30.

No gráfico 9 da Figura 9.14 é mostrado o preço de venda líquido de biodiesel para que o valor de VPL seja zero. Comparando estes preços com níveis de preço mostrados no gráfico 7 verificam-se reduções de 14,13, 19, 19, 26, 26, 27 e 27% nos preços para o sebo-etílico, sebo-

metílico, girassol-etílico, girassol-metílico; soja-etílica; soja-metílica; colza-etílica e colza-metílica respectivamente. Estes resultados são coerentes com os apresentados no gráfico 2; evidenciando o sacrifício da margem de lucro maior naqueles processos que produzem biodiesel a um custo mais elevado.

Após o estudo crítico dos resultados das simulações realizadas verifica-se que os cenários mais favoráveis para o investimento na produção de biodiesel na região Sul são aqueles que reúnem as seguintes condições:

- a) processo de transesterificação etílica.
- b) sebo bovino ou óleo de girassol como matéria-prima.
- c) certificação do Selo Combustível Social.

9.4.8 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA – BRASIL

Nos itens 9.4.3 ao 9.4.7 foram analisados 30 cenários de possíveis formas de investimentos na produção e comercialização de biodiesel nas cinco regiões brasileiras. Ao final de cada análise foram eleitos os cenários mais favoráveis para que o investimento na produção de biodiesel obtivesse maiores chances de sucesso.

Nesta seção será feito um estudo comparativo dos cenários destacados nas análises anteriores a partir dos custos de produção e do grau de competitividade do biodiesel produzido com o diesel mineral.

Os cenários mais favoráveis para o fomento da produção de biodiesel no Brasil são apresentados na Tabela 9.5.

Tabela 9.5: Cenários mais favoráveis para o investimento na produção de biodiesel nas cinco regiões brasileiras.

Cenário	Transesterificação	Oleaginosa	Região
2	Metílica	Dendê	Norte
4	Metílica	Mamona	Nordeste
6	Metílica	Dendê	Nordeste
12	Metílica	Girassol	Centro-Oeste
14	Metílica	Sebo	Centro-Oeste
19	Etílica	Girassol	Sudeste
20	Metílica	Girassol	Sudeste
21	Etílica	Sebo	Sudeste
22	Metílica	Sebo	Sudeste
27	Etílica	Girassol	Sul
29	Etílica	Sebo	Sul

Observa-se que a transesterificação metílica comparada à etílica é mais viável na maioria dos cenários. Esse resultado era esperado na medida que o gasto de álcool e o custo do reciclo do processo de transesterificação metílica é mais baixo que o similar etílico. Além disso, nas regiões que contam com a existência de grandes pólos petroquímicos como a sudeste e a nordeste; o uso do metanol torna-se competitivo com o etanol. O mesmo ocorre com o etanol nas regiões sul e sudeste onde está localizado o maior parque sucroalcooleiro brasileiro (vide Figura 7.4).

Quanto às oleaginosas, percebe-se que figuram na Tabela 9.5 aquelas com menores custos de produção como o sebo bovino e o girassol. Esse resultado era esperado na medida que os óleos representam cerca de 57% a 78% no custo final do biodiesel, como pode ser verificado nas análises de sensibilidade feitas para cada cenário e na Tabela C.31 do Anexo C.

Agora, analisando-se o conjunto de gráficos da Figura 9.15, é possível comparar todos os cenários mostrados na Tabela 9.5. No gráfico 2 são mostrados os custos do diesel mineral e do biodiesel produzido para cada cenário selecionado em cada uma das regiões brasileiras. O custo de produção da tonelada de biodiesel produzida no Brasil varia em torno de R\$ 1.285,11 a R\$ 1.548,59.

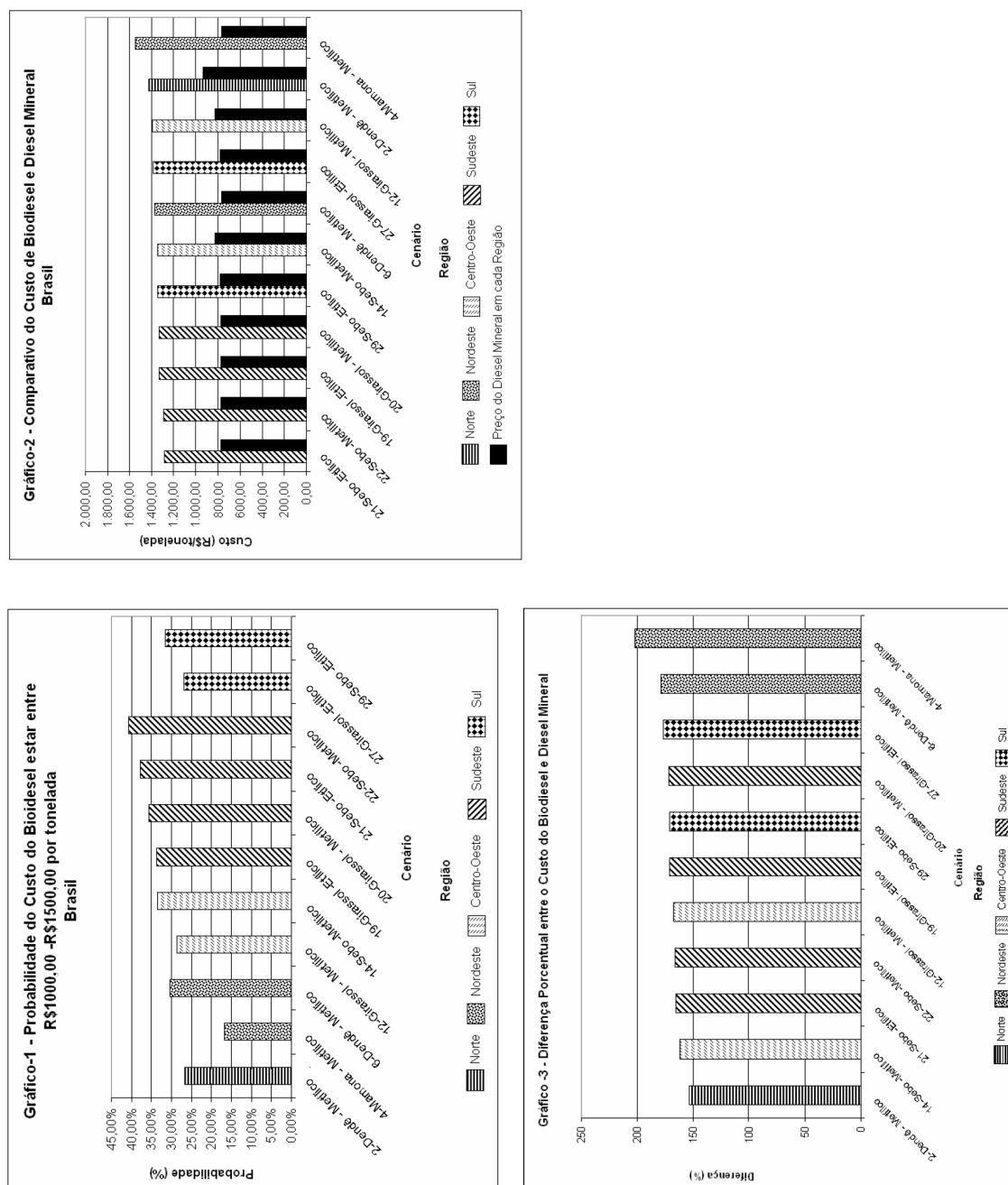


Figura 9.15: Gráficos comparativos dos resultados – Brasil.

O biodiesel mais caro do Brasil é o nordestino produzido a partir da mamona, custando R\$ 1.548,59/tonelada seguido do biodiesel produzido a partir do dendê na região Norte custando R\$ 1.424,22/tonelada. O biodiesel mais barato do Brasil é produzido na região Sudeste a partir do sebo bovino, custando R\$ 1.285,11/tonelada.

De uma maneira geral, os menores custos de produção do biodiesel brasileiro verificam-se nas regiões sudeste, sul, centro-oeste, nordeste e norte respectivamente.

Analisando-se o gráfico 3, ainda na Figura 9.15, verifica-se que o biodiesel dos cenários analisados custam cerca de 1,6 a 2,0 vezes mais que o diesel mineral sendo o produzido na região norte a partir do dendê o mais competitivo, considerando-se o mercado regional de combustível. O biodiesel produzido na região Nordeste a partir da mamona é o menos competitivo, custando cerca de 2 vezes mais que o diesel mineral produzido na região. Os outros cenários analisados em média produzem um biodiesel cerca de 1,6 a 1,7 vezes mais caros que o diesel mineral cotado no mercado regional.

O gráfico 1 da Figura 9.15, mostra que as probabilidades dos custos do biodiesel estarem em torno de R\$ 1.000,00 a R\$ 1.500,00 são maiores em média, para o combustível produzido nas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Sul, Nordeste e Norte, respectivamente. Esse resultado é coerente com o apresentado no gráfico 2 onde os menores custos concentram-se na região Sudeste e Sul.

Neste íterim, o sebo bovino, o girassol e os álcoois etílico e metílico figuram como as matérias-primas mais viáveis para aplicação na produção de biodiesel.

Dessa forma, avaliando-se a conjuntura da produção e comercialização do biodiesel no Brasil verifica-se que a região sudeste reúne as condições mais promissoras quanto ao menor custo de produção e maior grau de competitividade do produto com o diesel mineral. Além da região Sudeste as regiões Centro-Oeste, Sul, Nordeste e Norte, respectivamente em ordem de importância; constituem os cenários mais atrativos para os investimentos na produção de biodiesel.

10 ANÁLISE E DISCUSSÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL BRASILEIRA SOB A ÓTICA DA COMERCIALIZAÇÃO DO DIESEL MINERAL NO BRASIL

A partir dos resultados obtidos nas análises econômico-financeiras realizadas no capítulo 9 é possível afirmar as seguintes premissas a respeito da aplicação e produção de biodiesel em escala industrial no Brasil:

- a) o custo da tonelada do biodiesel produzido é cerca de 1,6 a 2,5 vezes maior que a mesma quantidade de diesel mineral;
- b) é fundamental a existência de programas de incentivo governamentais para a viabilizar a produção no curto prazo;
- c) o fator que mais pesa na composição do custo do biodiesel são os óleos vegetais e gorduras respondendo por cerca de 57 a 78% do custo total do produto.

Numa primeira análise, de acordo com as premissas acima, conclui-se que é inviável investir na produção de biodiesel. O alto custo das matérias-primas, a instabilidade das cotações dos óleos vegetais no mercado e a política de comercialização do produto não permitem a concorrência do biodiesel com o diesel mineral, pelo menos no curto prazo.

Por outro lado, este problema pode ser minimizado com a integração das unidades agrícola, extratora de óleo e produtora de biodiesel numa única planta como ocorre na produção sucroalcooleira. Dessa forma, uma planta integrada, focada na produção de biodiesel, seria auto-suficiente na produção dos óleos vegetais, matéria-prima determinante na composição dos custos do biocombustível. Esta integração, também chamada de “verticalização”, pode se estender até a produção de etanol, como no caso da usina Barralcool, discutido anteriormente, que produz tanto etanol para a venda direta quanto para a produção de biodiesel (OLIVÉRIO, BARREIRA, RANGEL, 2007).

No Brasil, muitas plantas de biodiesel estão vinculadas a produtores de óleos vegetais que priorizam a produção para o mercado alimentício na medida que os lucros alcançados, dependendo da cotação e do tipo de óleo, são maiores do que com a venda do biodiesel. A mesma prática ocorre no setor sucroalcooleiro dependendo da cotação do açúcar no mercado internacional. Em ambos os casos existe a geração de uma irregularidade na produção dos biocombustíveis, ocasionando em algumas situações a escassez do produto no mercado, como no ramo sucroalcooleiro. Neste íterim é necessário reforçar que a “verticalização” de plantas de biodiesel deve ser focada na produção do

biocombustível e não na coexistência dos produtos biodiesel e óleo vegetal.

De qualquer forma, o fator determinante para a viabilidade econômica do biodiesel é a cotação do barril de petróleo e derivados, isto é, a medida de competitividade do biodiesel com o diesel mineral no mercado de combustíveis. A Tabela 10.1 relaciona o preço de venda líquido do biodiesel; calculado para cada um dos 30 cenários discutidos no capítulo 9; com o valor da cotação do barril de petróleo equivalente para a produção de diesel mineral com o mesmo preço de venda do biocombustível.

Analisando-se a Tabela 10.1 verifica-se que o biodiesel oriundo do sebo bovino, do girassol e do dendê (com exceção do cenário 5) alcançarão preços de venda competitivos com o diesel mineral com uma cotação média do barril do petróleo entre US\$ 90 e US\$ 102. As outras oleaginosas como a soja, a mamona e a colza serão competitivas a partir de uma cotação do barril de petróleo entre US\$ 103 e US\$ 140.

De acordo com a projeção apresentada na Figura 9.7 no capítulo anterior, o preço do barril do petróleo atingirá o patamar de US\$ 90 em 2021, considerando-se a curva "Preço Alto". Desta forma, o horizonte mínimo projetado para que o biodiesel comece a ser competitivo com o diesel mineral é cerca de 14 anos, baseado na projeção "Preço Alto" da Figura 9.7. Lembrando-se que foi considerado o prazo de 10 anos para a total amortização do investimento, o VPL do investimento na planta, caso as projeções ocorram, deverá cair, na medida que as margens de lucro deverão ser reduzidas até que o preço do biodiesel eleve-se no mercado alavancado pelo preço do petróleo. Caberá ao investidor analisar os riscos em cada situação e os seus objetivos no mercado para a tomada de decisão.

Tabela 10.1: Relação de preços de venda do biodiesel no Brasil e preço de venda do barril de petróleo.

Cenário	Região	Matéria-Prima	Álcool	Preço de Venda Líquido do Biodiesel (R\$/tonelada)	Preço de Venda Líquido do Diesel (R\$/tonelada)	Preço de Venda do Barril de Petróleo (US\$/barril)
1	Norte	Dendê	Etílico	2.163,90	2.163,90	122,09
2	Norte	Dendê	Metílico	1.780,27	1.780,27	100,45
3	Nordeste	Mamona	Etílico	2.242,24	2.242,24	126,51
4	Nordeste	Mamona	Metílico	1.935,74	1.935,74	109,22
5	Nordeste	Dendê	Etílico	2.019,03	2.019,03	113,92
6	Nordeste	Dendê	Metílico	1.712,54	1.712,54	96,63
7	Centro-Oeste	Mamona	Etílico	2.207,11	2.207,11	124,53
8	Centro-Oeste	Mamona	Metílico	2.137,62	2.137,62	120,61
9	Centro-Oeste	Soja	Etílico	2.455,96	2.455,96	138,57
10	Centro-Oeste	Soja	Metílico	2.386,46	2.386,46	134,65
11	Centro-Oeste	Girassol	Etílico	1.806,50	1.806,50	101,93
12	Centro-Oeste	Girassol	Metílico	1.737,01	1.737,01	98,01
13	Centro-Oeste	Sebo	Etílico	1.752,83	1.752,83	98,90
14	Centro-Oeste	Sebo	Metílico	1.683,34	1.683,34	94,98
15	Sudeste	Mamona	Etílico	2.060,66	2.060,66	116,27
16	Sudeste	Mamona	Metílico	2.065,25	2.065,25	116,53
17	Sudeste	Soja	Etílico	2.309,51	2.309,51	130,31
18	Sudeste	Soja	Metílico	2.314,09	2.314,09	130,56
19	Sudeste	Girassol	Etílico	1.660,06	1.660,06	93,67
20	Sudeste	Girassol	Metílico	1.664,64	1.664,64	93,93
21	Sudeste	Sebo	Etílico	1.606,38	1.606,38	90,64
22	Sudeste	Sebo	Metílico	1.610,97	1.610,97	90,90
23	Sul	Colza	Etílico	2.412,42	2.412,42	136,11
24	Sul	Colza	Metílico	2.431,33	2.431,33	137,18
25	Sul	Soja	Etílico	2.383,12	2.383,12	134,46
26	Sul	Soja	Metílico	2.402,03	2.402,03	135,52
27	Sul	Girassol	Etílico	1.733,66	1.733,66	97,82
28	Sul	Girassol	Metílico	1.752,58	1.752,58	98,89
29	Sul	Sebo	Etílico	1.679,99	1.679,99	94,79
30	Sul	Sebo	Metílico	1.698,91	1.698,91	95,86

Notas:

1- A cotação do dólar considerada US\$ 1.00 = R\$ 2,00.

Entretanto a comercialização do biodiesel no Brasil será realizada consorciada com o diesel mineral através das misturas B2 e B5 conforme legislação discutida ao longo deste estudo.

Com essa prática o impacto da diferença de preços entre o diesel mineral e o biodiesel é reduzido. Esta afirmação é ilustrada pelos valores da Tabela 10.2 a seguir.

Na Tabela 10.2 verifica-se que para as três condições de tributação analisadas (padrão, com selo combustível social e com isenção fiscal total); o aumento percentual do preço das misturas em relação ao diesel puro varia de 1,05 a 1,83%; 0,99 a 1,75% e 0,63 a 1,20% respectivamente para a mistura B2. Para a B5 os valores variam de 2,62 a 4,58%; 2,47 a 4,38% e 1,58 a 2,99% respectivamente para as mesmas condições da mistura B2.

Quanto mais elevada a concentração de biodiesel na mistura maior o custo da mesma. O aumento percentual do preço de venda do diesel é igual ao produto da porcentagem de biodiesel na mistura e da diferença percentual entre o preço do biodiesel e do diesel mineral. As Tabelas 10.3 a 10.5 e as Figuras 10.1 a 10.4 ilustram esta premissa.

Tabela 10.2: Preços de venda das misturas B2 e B5 e aumentos em relação ao diesel mineral puro.

Preços de Venda das Misturas B2 e B5 sem considerar Selo Combustível Social						
Cenário	Preço de Venda com Impostos Biodiesel com Margem de 20% (R\$/tonelada)	Preço de Venda com Impostos do Diesel Mineral (R\$/tonelada)	Preço de Venda com Impostos da Mistura B2 (R\$/tonelada)	Aumento (%) na Preço de Venda do Diesel devido a Mistura B2	Preço de Venda com Impostos da Mistura B5 (R\$/tonelada)	Aumento (%) na Preço de Venda do Diesel devido a Mistura B5
2-Dendê - Metílico	2.043,14	1.270,90	1.286,34	1,22	1.309,51	3,04
4-Mamona - Metílico	2.320,74	1.211,17	1.233,36	1,83	1.266,65	4,58
6-Dendê - Metílico	1.965,40	1.211,17	1.226,25	1,25	1.248,88	3,11
12-Girassol - Metílico	2.012,46	1.279,16	1.293,82	1,15	1.315,82	2,87
14-Sebo - Metílico	1.950,27	1.279,16	1.292,58	1,05	1.312,71	2,62
19-Girassol - Etílico	2.026,33	1.194,48	1.211,11	1,39	1.236,07	3,48
20-Girassol - Metílico	2.031,93	1.194,48	1.211,23	1,40	1.236,35	3,51
21-Sebo - Etílico	1.861,11	1.194,48	1.207,81	1,12	1.227,81	2,79
22-Sebo - Metílico	1.866,42	1.194,48	1.207,92	1,13	1.228,07	2,81
27-Girassol - Etílico	2.098,25	1.208,65	1.226,44	1,47	1.253,13	3,68
29-Sebo - Etílico	1.946,40	1.208,65	1.223,40	1,22	1.245,53	3,05

Preços de Venda das Misturas B2 e B5 considerando Selo Combustível Social						
Cenário	Preço de Venda com Impostos Biodiesel com Margem de 20% (R\$/tonelada)	Preço de Venda com Impostos do Diesel Mineral (R\$/tonelada)	Preço de Venda com Impostos da Mistura B2 (R\$/tonelada)	Aumento (%) na Preço de Venda do Diesel devido a Mistura B2	Preço de Venda com Impostos da Mistura B5 (R\$/tonelada)	Aumento (%) na Preço de Venda do Diesel devido a Mistura B5
2-Dendê - Metílico	2.001,48	1.270,90	1.285,51	1,15	1.307,43	2,87
4-Mamona - Metílico	2.273,43	1.211,17	1.232,41	1,75	1.264,28	4,39
6-Dendê - Metílico	1.925,33	1.211,17	1.225,45	1,18	1.246,88	2,95
12-Girassol - Metílico	1.971,63	1.279,16	1.293,01	1,08	1.313,78	2,71
14-Sebo - Metílico	1.910,71	1.279,16	1.291,79	0,99	1.310,73	2,47
19-Girassol - Etílico	1.985,22	1.194,48	1.210,29	1,32	1.234,01	3,31
20-Girassol - Metílico	1.990,71	1.194,48	1.210,40	1,33	1.234,29	3,33
21-Sebo - Etílico	1.823,36	1.194,48	1.207,05	1,05	1.225,92	2,63
22-Sebo - Metílico	1.828,56	1.194,48	1.207,16	1,06	1.226,18	2,65
27-Girassol - Etílico	2.055,68	1.208,65	1.225,59	1,40	1.251,00	3,50
29-Sebo - Etílico	1.906,91	1.208,65	1.222,61	1,16	1.243,56	2,89

Preços de Venda das Misturas B2 e B5 considerando Isenção Fiscal Total no Biodiesel						
Cenário	Preço de Venda Líquido Biodiesel com Margem de 20% (R\$/tonelada)	Preço de Venda com Impostos do Diesel Mineral (R\$/tonelada)	Preço de Venda com Impostos da Mistura B2 (R\$/tonelada)	Aumento (%) na Preço de Venda do Diesel devido a Mistura B2	Preço de Venda com Impostos da Mistura B5 (R\$/tonelada)	Aumento (%) na Preço de Venda do Diesel devido a Mistura B5
2-Dendê - Metílico	1.780,27	1.270,90	1.281,08	0,80	1.296,37	2,00
4-Mamona - Metílico	1.935,74	1.211,17	1.225,66	1,20	1.247,40	2,99
6-Dendê - Metílico	1.712,54	1.211,17	1.221,20	0,83	1.236,24	2,07
12-Girassol - Metílico	1.737,01	1.279,16	1.288,31	0,72	1.302,05	1,79
14-Sebo - Metílico	1.683,34	1.279,16	1.287,24	0,63	1.299,37	1,58
19-Girassol - Etílico	1.660,06	1.194,48	1.203,79	0,78	1.217,76	1,95
20-Girassol - Metílico	1.664,64	1.194,48	1.203,88	0,79	1.217,98	1,97
21-Sebo - Etílico	1.606,38	1.194,48	1.202,71	0,69	1.215,07	1,72
22-Sebo - Metílico	1.610,97	1.194,48	1.202,81	0,70	1.215,30	1,74
27-Girassol - Etílico	1.733,66	1.208,65	1.219,15	0,87	1.234,90	2,17
29-Sebo - Etílico	1.679,99	1.208,65	1.218,07	0,78	1.232,21	1,95

Tabela 10.3: Aumento percentual da mistura biodiesel-diesel mineral em relação a concentração de biodiesel da mistura para condição de tributação padrão sem consideração de selo combustível social.

Porcentagem de Mistura de Biodiesel no Diesel Mineral (%)	Aumento no Preço de Venda devido a Mistura (%)										
	2 Dendê - Metílico	4-Mamona - Metílico	6-Dendê - Metílico	12-Girassol - Metílico	14-Sebo - Metílico	19-Girassol - Etílico	20-Girassol - Metílico	21-Sebo - Etílico	22-Sebo - Metílico	27-Girassol - Etílico	29-Sebo - Etílico
0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5,00%	3,04%	4,58%	3,11%	2,87%	2,62%	3,48%	3,51%	2,79%	2,81%	3,68%	3,05%
10,00%	6,08%	9,16%	6,23%	5,73%	5,25%	6,96%	7,01%	5,58%	5,63%	7,36%	6,10%
15,00%	9,11%	13,74%	9,34%	8,60%	7,87%	10,45%	10,52%	8,37%	8,44%	11,04%	9,16%
20,00%	12,15%	18,32%	12,45%	11,47%	10,49%	13,93%	14,02%	11,16%	11,25%	14,72%	12,21%
25,00%	15,19%	22,90%	15,57%	14,33%	13,12%	17,41%	17,53%	13,95%	14,06%	18,40%	15,26%
30,00%	18,23%	27,48%	18,68%	17,20%	15,74%	20,89%	21,03%	16,74%	16,88%	22,08%	18,31%
35,00%	21,27%	32,06%	21,80%	20,06%	18,36%	24,37%	24,54%	19,53%	19,69%	25,76%	21,36%
40,00%	24,31%	36,64%	24,91%	22,93%	20,99%	27,86%	28,04%	22,32%	22,50%	29,44%	24,42%
45,00%	27,34%	41,23%	28,02%	25,80%	23,61%	31,34%	31,55%	25,11%	25,31%	33,12%	27,47%
50,00%	30,38%	45,81%	31,14%	28,66%	26,23%	34,82%	35,06%	27,91%	28,13%	36,80%	30,52%
55,00%	33,42%	50,39%	34,25%	31,53%	28,86%	38,30%	38,56%	30,70%	30,94%	40,48%	33,57%
60,00%	36,46%	54,97%	37,36%	34,40%	31,48%	41,79%	42,07%	33,49%	33,75%	44,16%	36,62%
65,00%	39,50%	59,55%	40,48%	37,26%	34,10%	45,27%	45,57%	36,28%	36,57%	47,84%	39,68%
70,00%	42,53%	64,13%	43,59%	40,13%	36,73%	48,75%	49,08%	39,07%	39,38%	51,52%	42,73%
75,00%	45,57%	68,71%	46,71%	43,00%	39,35%	52,23%	52,58%	41,86%	42,19%	55,20%	45,78%
80,00%	48,61%	73,29%	49,82%	45,86%	41,97%	55,71%	56,09%	44,65%	45,00%	58,88%	48,83%
85,00%	51,65%	77,87%	52,93%	48,73%	44,60%	59,20%	59,59%	47,44%	47,82%	62,56%	51,88%
90,00%	54,69%	82,45%	56,05%	51,59%	47,22%	62,68%	63,10%	50,23%	50,63%	66,24%	54,94%
95,00%	57,73%	87,03%	59,16%	54,46%	49,84%	66,16%	66,60%	53,02%	53,44%	69,92%	57,99%
100,00%	60,76%	91,61%	62,27%	57,33%	52,47%	69,64%	70,11%	55,81%	56,25%	73,60%	61,04%
Equação das Curvas do Gráfico	$y=0,5359x$	$y=0,7523x$	$y=0,5503x$	$y=0,5732x$	$y=0,5246x$	$y=0,6106x$	$y=0,6146x$	$y=0,5581x$	$y=0,5625x$	$y=0,6618x$	$y=0,6104x$

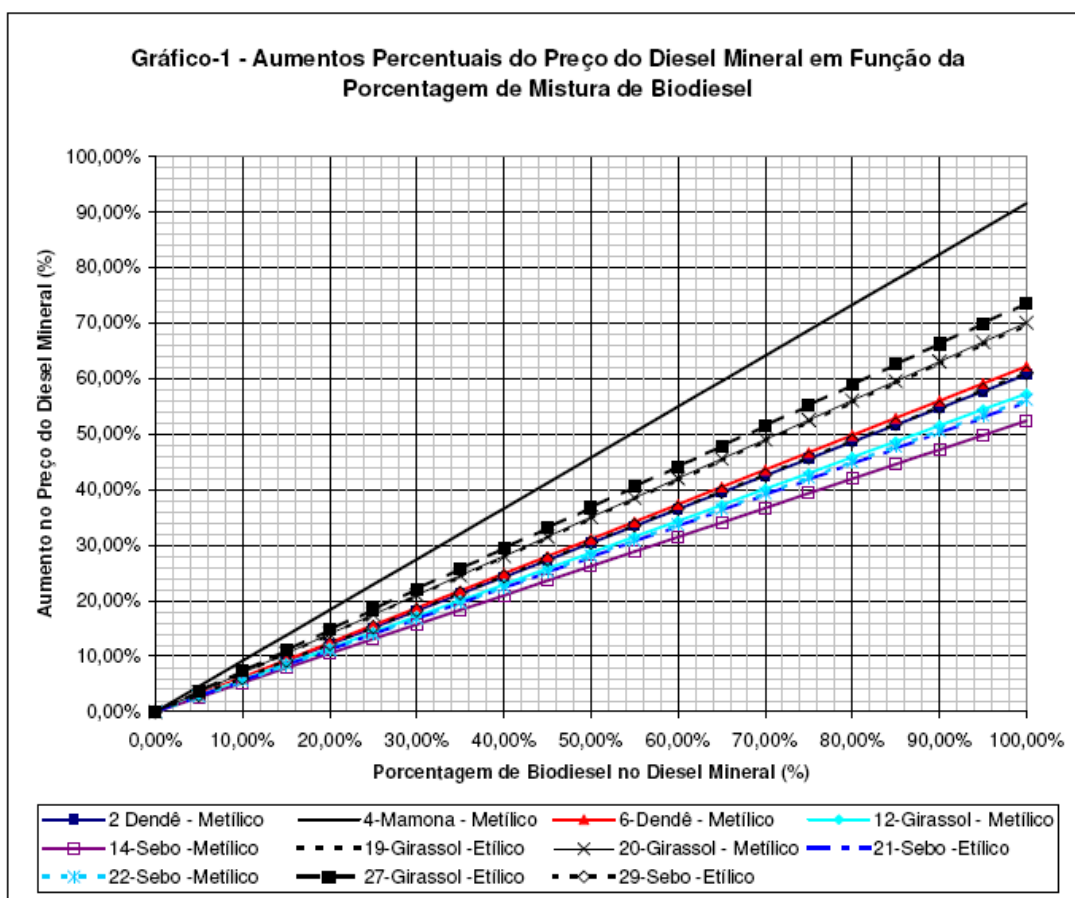


Figura 10.1: Aumento percentual da mistura biodiesel-diesel mineral em relação a concentração de biodiesel da mistura para condição de tributação padrão sem consideração de selo combustível social.

Tabela 10.4: Aumento percentual da mistura biodiesel-diesel mineral em relação a concentração de biodiesel da mistura para condição de tributação considerando o selo combustível social.

Porcentagem de Mistura de Biodiesel no Diesel Mineral (%)	Aumento no Preço de Venda devido a Mistura (%)										
	2 Dendê - Metílico	4-Mamona - Metílico	6-Dendê - Metílico	12-Girassol - Metílico	14-Sebo - Metílico	19-Girassol - Etílico	20-Girassol - Metílico	21-Sebo - Etílico	22-Sebo - Metílico	27-Girassol -Etílico	29-Sebo - Etílico
0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5,00%	2,87%	4,39%	2,95%	2,71%	2,47%	3,31%	3,33%	2,63%	2,65%	3,50%	2,89%
10,00%	5,75%	8,77%	5,90%	5,41%	4,94%	6,62%	6,67%	5,26%	5,31%	7,01%	5,78%
15,00%	8,62%	13,16%	8,84%	8,12%	7,41%	9,93%	10,00%	7,90%	7,96%	10,51%	8,67%
20,00%	11,50%	17,54%	11,79%	10,83%	9,87%	13,24%	13,33%	10,53%	10,62%	14,02%	11,55%
25,00%	14,37%	21,93%	14,74%	13,53%	12,34%	16,55%	16,66%	13,16%	13,27%	17,52%	14,44%
30,00%	17,25%	26,31%	17,69%	16,24%	14,81%	19,86%	20,00%	15,79%	15,93%	21,02%	17,33%
35,00%	20,12%	30,70%	20,64%	18,95%	17,28%	23,17%	23,33%	18,43%	18,58%	24,53%	20,22%
40,00%	22,99%	35,08%	23,59%	21,65%	19,75%	26,48%	26,66%	21,06%	21,23%	28,03%	23,11%
45,00%	25,87%	39,47%	26,53%	24,36%	22,22%	29,79%	30,00%	23,69%	23,89%	31,54%	26,00%
50,00%	28,74%	43,85%	29,48%	27,07%	24,69%	33,10%	33,33%	26,32%	26,54%	35,04%	28,89%
55,00%	31,62%	48,24%	32,43%	29,77%	27,15%	36,41%	36,66%	28,96%	29,20%	38,54%	31,77%
60,00%	34,49%	52,62%	35,38%	32,48%	29,62%	39,72%	40,00%	31,59%	31,85%	42,05%	34,66%
65,00%	37,37%	57,01%	38,33%	35,19%	32,09%	43,03%	43,33%	34,22%	34,51%	45,55%	37,55%
70,00%	40,24%	61,39%	41,28%	37,89%	34,56%	46,34%	46,66%	36,85%	37,16%	49,06%	40,44%
75,00%	43,11%	65,78%	44,22%	40,60%	37,03%	49,65%	49,99%	39,49%	39,81%	52,56%	43,33%
80,00%	45,99%	70,16%	47,17%	43,31%	39,50%	52,96%	53,33%	42,12%	42,47%	56,07%	46,22%
85,00%	48,86%	74,55%	50,12%	46,01%	41,97%	56,27%	56,66%	44,75%	45,12%	59,57%	49,11%
90,00%	51,74%	78,93%	53,07%	48,72%	44,44%	59,58%	59,99%	47,38%	47,78%	63,07%	52,00%
95,00%	54,61%	83,32%	56,02%	51,43%	46,90%	62,89%	63,33%	50,02%	50,43%	66,58%	54,88%
100,00%	57,49%	87,71%	58,96%	54,14%	49,37%	66,20%	66,66%	52,65%	53,08%	70,08%	57,77%
Equação das Curvas do Gráfico	$y=0,5045x$	$y=0,7166x$	$y=0,5187x$	$y=0,5413x$	$y=0,4937x$	$y=0,5790x$	$y=0,5818x$	$y=0,5265x$	$y=0,5308x$	$y=0,6281x$	$y=0,5777x$

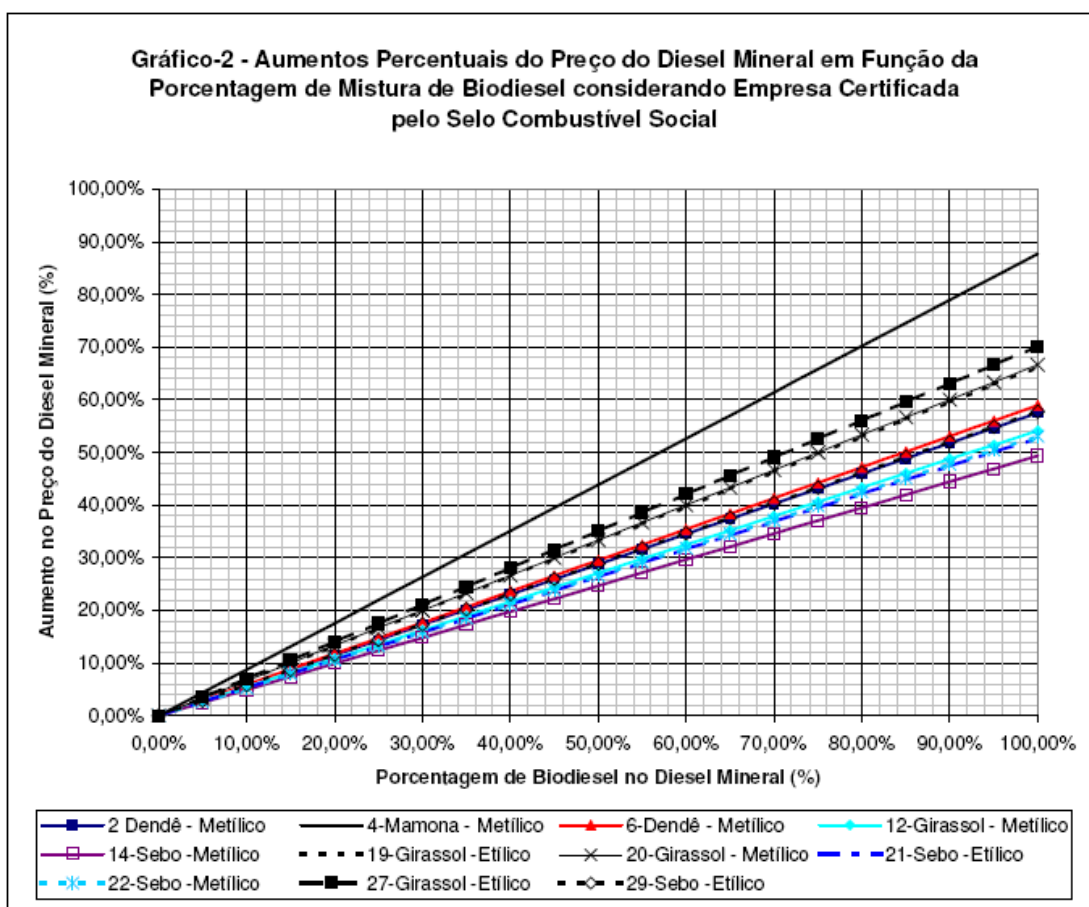


Figura 10.2: Aumento percentual da mistura biodiesel-diesel mineral em relação a concentração de biodiesel da mistura para condição de tributação considerando o selo combustível social.

Tabela 10.5: Aumento percentual da mistura biodiesel-diesel mineral em relação a concentração de biodiesel da mistura para considerando isenção fiscal total nos preços do biodiesel.

Porcentagem de Mistura de Biodiesel no Diesel Mineral (%)	Aumento no Preço de Venda devido a Mistura (%)										
	2 Dendê - Metílico	4-Mamona - Metílico	6-Dendê - Metílico	12-Girassol - Metílico	14-Sebo - Metílico	19-Girassol - Etílico	20-Girassol - Metílico	21-Sebo - Etílico	22-Sebo - Metílico	27-Girassol - Etílico	29-Sebo - Etílico
0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5,00%	2,00%	2,99%	2,07%	1,79%	1,58%	1,95%	1,97%	1,72%	1,74%	2,17%	1,95%
10,00%	4,01%	5,98%	4,14%	3,58%	3,16%	3,90%	3,94%	3,45%	3,49%	4,34%	3,90%
15,00%	6,01%	8,97%	6,21%	5,37%	4,74%	5,85%	5,90%	5,17%	5,23%	6,52%	5,85%
20,00%	8,02%	11,96%	8,28%	7,16%	6,32%	7,80%	7,87%	6,90%	6,97%	8,69%	7,80%
25,00%	10,02%	14,96%	10,35%	8,95%	7,90%	9,74%	9,84%	8,62%	8,72%	10,86%	9,75%
30,00%	12,02%	17,95%	12,42%	10,74%	9,48%	11,69%	11,81%	10,35%	10,46%	13,03%	11,70%
35,00%	14,03%	20,94%	14,49%	12,53%	11,06%	13,64%	13,78%	12,07%	12,20%	15,20%	13,65%
40,00%	16,03%	23,93%	16,56%	14,32%	12,64%	15,59%	15,74%	13,79%	13,95%	17,38%	15,60%
45,00%	18,04%	26,92%	18,63%	16,11%	14,22%	17,54%	17,71%	15,52%	15,69%	19,55%	17,55%
50,00%	20,04%	29,91%	20,70%	17,90%	15,80%	19,49%	19,68%	17,24%	17,43%	21,72%	19,50%
55,00%	22,04%	32,90%	22,77%	19,69%	17,38%	21,44%	21,65%	18,97%	19,18%	23,89%	21,45%
60,00%	24,05%	35,89%	24,84%	21,48%	18,96%	23,39%	23,62%	20,69%	20,92%	26,06%	23,40%
65,00%	26,05%	38,89%	26,91%	23,27%	20,54%	25,34%	25,58%	22,41%	22,66%	28,24%	25,35%
70,00%	28,06%	41,88%	28,98%	25,06%	22,12%	27,28%	27,55%	24,14%	24,41%	30,41%	27,30%
75,00%	30,06%	44,87%	31,05%	26,85%	23,70%	29,23%	29,52%	25,86%	26,15%	32,58%	29,25%
80,00%	32,06%	47,86%	33,12%	28,63%	25,28%	31,18%	31,49%	27,59%	27,89%	34,75%	31,20%
85,00%	34,07%	50,85%	35,19%	30,42%	26,86%	33,13%	33,46%	29,31%	29,64%	36,92%	33,15%
90,00%	36,07%	53,84%	37,26%	32,21%	28,44%	35,08%	35,43%	31,04%	31,38%	39,09%	35,10%
95,00%	38,08%	56,83%	39,33%	34,00%	30,02%	37,03%	37,39%	32,76%	33,12%	41,27%	37,05%
100,00%	40,08%	59,82%	41,40%	35,79%	31,60%	38,98%	39,36%	34,48%	34,87%	43,44%	39,00%
Equação das Curvas do Gráfico	$y=0,4008x$	$y=0,5982x$	$y=0,4140x$	$y=0,3579x$	$y=0,3160x$	$y=0,3898x$	$y=0,3936x$	$y=0,3448x$	$y=0,3487x$	$y=0,4344x$	$y=0,3900x$

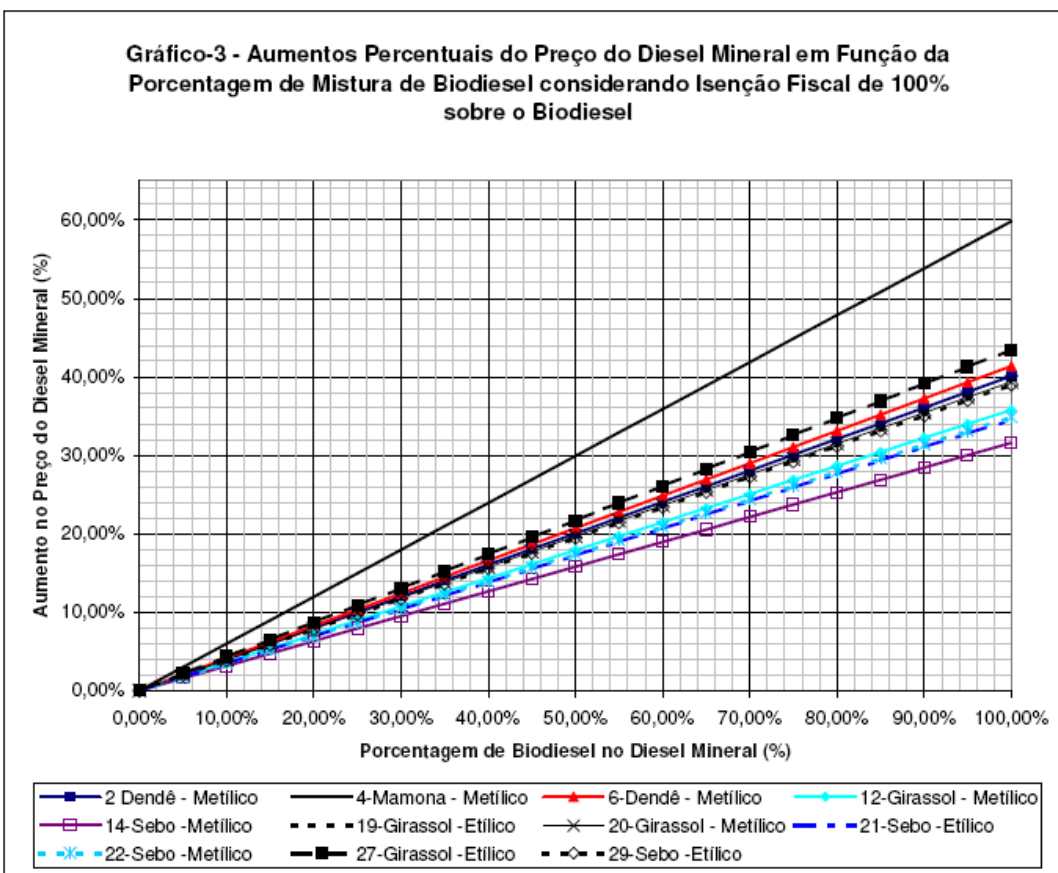


Figura 10.3: Aumento percentual da mistura biodiesel-diesel mineral em relação a concentração de biodiesel da mistura para considerando isenção fiscal total nos preços do biodiesel.

Por outro lado, os valores da Tabela 10.2, somados aos custos do transporte e operacional da mistura diesel – biodiesel (cerca de 25% do custo da mistura) representam o valor dos custos que o governo brasileiro, a Petrobras e distribuidoras de combustíveis devem absorver para manter os mesmos preços do diesel mineral puro para o consumidor final (vide item 9.4.2 do capítulo 9).

Considerando um aumento no preço do diesel de 21 a 25% contra um aumento de 81 a 173% na venda de biodiesel puro; a comercialização da mistura biodiesel-diesel mineral é a única maneira viável de aplicação do biocombustível no mercado brasileiro no curto prazo. Entretanto é importante observar que a diferença de preços entre os preços do diesel mineral puro e das misturas B2 e B5 ainda é alta quando comparada com as margens de lucro praticadas no mercado de combustíveis.

O uso de misturas com concentrações maiores de biodiesel serão viáveis no curto prazo na proporção direta do aumento dos incentivos governamentais, e da absorção de custos compulsórios pela Petrobras e distribuidoras na medida que a disparidade entre os custos das misturas e do diesel puro serão maiores também. As tabelas 10.3 a 10.5 e as Figuras 10.1 a 10.3 mostram essas variações.

Analisando-se os gráficos das figuras 10.1 a 10.3 verifica-se que uma mistura B10 gera num aumento médio de 6,50%, 6,13% e 4,00% no custo do diesel mineral para as condições de tributação padrão, com selo combustível social e com isenção fiscal total, respectivamente. Considerando-se uma mistura B15 os mesmos valores elevam-se para 9,69%, 9,19% e 5,98%. É importante destacar que este aumento só leva em conta a diferença de preços entre o biodiesel e o diesel mineral sem a inclusão de custos de transportes e operacionais da realização da mistura.

A comercialização do biodiesel puro, o B100, só será viável no longo prazo com a redução da oferta e o aumento do preço do barril do petróleo no mercado internacional, como visto anteriormente na discussão da Tabela 10.1, a consolidação da infra-estrutura de produção e popularização do produto no mercado consumidor. Neste cenário os custos do biodiesel estarão equiparados com o diesel mineral e a competição entre os dois combustíveis será possível no mercado sem a necessidade de programas de incentivos e isenções fiscais.

Atualmente os produtores de biodiesel bem como o governo federal estão se adaptando e desenvolvendo-se simultaneamente com o mercado emergente de biodiesel brasileiro. A dinâmica do mercado, os custos, os preços de venda ainda não estão definidos. Muitas das diretrizes já estabelecidas pela legislação do setor precisam ser revistas e adaptadas a realidade do mercado.

Dessa forma para o sucesso da produção e comercialização do biodiesel no Brasil é fundamental que os programas de incentivo e tributações existentes para o setor sejam revistos e adequados a

conjuntura do mercado no curto prazo. Estas medidas garantirão os investimentos da iniciativa privada necessários para a consolidação futura deste mercado estratégico emergente.

11 CONCLUSÃO

Ao longo deste estudo foram analisados os fatores influentes na produção de biodiesel no Brasil em escala industrial englobando: matérias-primas, processos de produção, cadeias produtivas, legislação e programas governamentais de incentivo. A partir do teor destas últimas análises foram propostos cenários regionais tecnicamente viáveis para o fomento de investimentos na produção e comercialização de biodiesel no país. Num segundo momento estes cenários foram submetidos a uma análise econômico-financeira.

Os resultados das análises técnica e econômica obtidos apontaram as condições mais favoráveis para o sucesso da implementação de uma planta produtora de biodiesel em cada uma das cinco regiões brasileiras. Além disso, nesse estudo foi concebido um modelo com diretrizes para a mensuração e avaliação das variáveis a serem consideradas na tomada de decisão do investidor na aplicação de recursos na produção de biodiesel. O modelo proposto caracteriza-se pela transparência e flexibilidade no seu uso podendo ser aplicado na análise de cenários específicos de acordo com a necessidade e nível de informação do usuário.

O sebo bovino e o girassol figuram como as matérias-primas mais favoráveis para aplicação na produção de biodiesel. Quanto ao álcool utilizado no processo tanto o etanol, quanto o metanol, mostram-se interessantes, dependendo da região e da disponibilidade de cada produto.

A região Sudeste reúne as condições mais promissoras para a produção de biodiesel quanto ao menor custo de produção e maior grau de competitividade do produto com o diesel mineral. As regiões Centro-Oeste, Sul, Nordeste e Norte, respectivamente em ordem de importância; constituem os cenários mais atrativos para os investimentos na produção de biodiesel.

De uma forma geral os resultados das análises apontaram que o custo do biodiesel é cerca de 1,6 a 2,5 vezes superior ao do diesel mineral inviabilizando a sua concorrência direta com o combustível fóssil no curto prazo.

O alto custo dos óleos vegetais e a incerteza da cotação dos mesmos no mercado da indústria alimentícia apresentam-se como os principais obstáculos para o sucesso nos investimentos na produção de biodiesel. A elevação da cotação do açúcar no mercado internacional, da mesma forma que no caso dos óleos vegetais, influencia a produção de etanol de forma negativa.

Entretanto, a “verticalização” das plantas produtoras, isto é, a integração de unidades de produção agrícola, beneficiamento de óleos, produção de biodiesel; e até em alguns casos; usinas sucroalcooleiras

pode constituir uma alternativa para a diminuição dos custos do processo.

Por outro lado verificou-se que a comercialização de misturas de biodiesel e diesel mineral, com pequenas concentrações, viabilizam a aplicação do biocombustível no mercado, entretanto a concessão de incentivos governamentais é condição necessária para isso.

A renúncia fiscal por parte do governo federal através de programas de fomento a produção e a absorção dos custos da mistura dos combustíveis pela Petrobras e distribuidoras do produto; constituem a origem destes incentivos. Entretanto a elevação da concentração de biodiesel na mistura aumenta a diferença de preços entre aquela e o diesel mineral puro. Para pequenas concentrações (B2 e B5) já autorizadas pela ANP e pelo governo federal a disparidade de preços já se mostra alta quando comparada com as margens de lucro praticadas no mercado de combustíveis.

Para a mistura B10, as taxas de desconto para a equiparação do preço do diesel mineral puro com a mistura; podem chegar até 6,50% e para a mistura B15 este valor pode atingir cerca de 9,69% contra 1,30% para a B2 e 3,25% para a B5.

Nesse ínterim pode-se dizer que a comercialização de misturas com altas concentrações bem como o biodiesel puro só será viável no longo prazo com a redução da oferta e o aumento do preço do barril do petróleo no mercado internacional, a consolidação da infra-estrutura de produção e popularização do produto no mercado consumidor.

Entretanto o mercado de biocombustíveis, no qual o biodiesel está inserido, é considerado estratégico devido à importância dele na futura composição da matriz energética brasileira e mundial num cenário onde os combustíveis de origem fóssil serão escassos e extremamente caros.

Dessa forma é imprescindível que o Brasil garanta o desenvolvimento do parque produtor de biodiesel através da adequação dos programas de incentivo e tributação existentes para o setor à conjuntura do mercado no curto prazo. Estas medidas garantirão os investimentos da iniciativa privada necessários para a consolidação futura deste mercado estratégico emergente, da mesma forma que ocorreu com a produção de etanol na década de 70.

12 BIBLIOGRAFIA

ABIOVE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. **Complexo Soja – Dados Estatísticos**. Disponível em: <http://www.abiove.com.br/cotacoes_br_98.html>. Acesso em 17 Nov. 2007.

ABIQUIM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. **Anuário da indústria química brasileira - 2006**. São Paulo, 2006. CD-ROM.

ABOISSA – ABOISSA ÓLEOS VEGETAIS. **Cotação de óleos vegetais realizada em 09/05/07**. São Paulo, 2007.

ACCARINI, J.H. Consolidação do programa nacional de produção e uso do biodiesel (PNPB) no Brasil. In: SEMINÁRIO INVESTIMENTOS EM BIODIESEL, 2006, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro: MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2006. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 10 Mai. 2007.

AGROMETAL – AGROMETAL METALÚRGICA. **Cotação de equipamentos realizada em 09/05/07**. São Paulo, 2007.

ALENCAR, J.W.; ALVES, P.B.; CRAVEIRO, A.A., Pyrolysis of tropical vegetable oils. **J. Agric. Food Chem.** n. 31, p. 1268-1270, 1983.

ANDRADE, A.M. *et al.* **A produção de biodiesel no Brasil e aspectos do PNPB**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifas médias por classe de consumo regional e Brasil**. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=98&idPerfil=2>>. Acesso em: 27 Mai. 2007.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Relatório de acompanhamento de mercado do álcool hidratado**, 2006. Disponível em <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 28 Dez. 2006.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Biodiesel**. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/petro/biodiesel.asp>>. Acesso em: 11 Nov. 2007.

ANUALPEC – **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: FNP, 2005.

ARANDA, D.G. **Biodiesel: matérias-primas, tecnologias e especificações**. São Paulo: FIESP, 2005a.

ARANDA, D.G. *et al.* Esterificação de ácido graxo de palma utilizando catalisadores heterogêneos. In: 13º CONGRESSO BRASILEIRO DE CATÁLISE, 2005. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005b.

ARANDA, D.G. *et al.* **Experiências no armazenamento de Matérias Primas e Biodiesel**. São Paulo: ABNT, 2005c.

- ARANDA, D.G. **A diferença entre o H-Bio e o Biodiesel**, 2006. Disponível em: <http://mbdobrasil.com.br/modules.php?name=News&new_topic=2> Acesso em: 15 Out . 2006.
- ARANDA, D.G. Informação verbal cedida em outubro de 2007.
- ARAÚJO, K.M. *et al.* **Estudo comparativo técnico e econômico de diferentes óleos vegetais brasileiros para produção de biocombustível**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.
- BAGBY, M.O.; SCHWAB, A.W., FREEDMAN, B., Preparation and properties of diesel fuels from vegetable oils. **Fuel**, n. 66, p. 1372-1378, 1987.
- BAILER, J.; DE HUEBER, K. Determination of saponifiable glycerol in “bio-diesel”. In Chemical Abstracts 115: 73906. **Fresenius J. Anal. Chemical**, n. 9, p.434-436, 1991.
- BARTHOLOMEW, D. Vegetable oil fuel. **JAOCS** n. 58, p. 286A-288A, 1981.
- BATISTELLA E.C. BSBIOS indústria e comércio de biodiesel sul **brasil** Ltda. In: SEMINÁRIO INVESTIMENTOS EM BIODIESEL, 2006, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro: MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2006. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 10 Mai. 2007.
- BB - BANCO DO BRASIL. Painel: linhas de investimento e custeio. In: SEMINÁRIO INVESTIMENTOS EM BIODIESEL, 2006, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro: MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2006. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 10 Mai. 2007.
- BILL, C.J.; OLIVEIRA, M.M.S. **Dossiê técnico produção de biodiesel**. Curitiba: TECPAR - Instituto de Tecnologia do Paraná, 2006. 27p.
- BILLAUD, F. *et al.* Production of hydrocarbons by pyrolysis of methyl esters from rapeseed oil. **JAOCS**, n. 72, p.1149-1154, 1995.
- BN - BANCO DO NORDESTE. A cadeia de mamona – óleo - biodiesel. In: SEMINÁRIO INVESTIMENTOS EM BIODIESEL, 2006, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro: MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2006. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 10 Mai. 2007.
- BONNARDEAUX, J. **Glycerin overview**. Departamento de Agricultura e Alimentos do Governo Australiano, 2006. 17p.
- BONOMI, A. **Biocombustíveis: a vocação brasileira para uma matriz energética sustentável**. Salvador: AEA, 2004.
- BONFIM, L.M. **Diferenças entre abate ritual (kosher / halal) e abate tradicional (parte-1)**, 2005. Disponível em: <<http://http://www.rehagro.com.br/siterehagro/publicacao.do?cdnoticia=536>> Acesso em: 04 Mar. 2007.

- BOUÇAS, C. Incerteza trava mercado de biodiesel. **Valor Econômico**, 01 Ago. 2006. Disponível em <http://clipping.planejamento.gov.br/Noticias.asp?NOTCod=289959>. Acesso em: 08 Jun. 2007.
- BRECCIA, A. *et al.* Reaction between methanol and commercial seed oils under microwave irradiation. **J. Microwave Power Electromagnet Energy**, n. 34, p. 3–8, 1999.
- BRENNTAG – BRENNTAG – DISTRIBUIDOR DE PRODUTOS QUÍMICOS. **Cotação de produtos químicos realizada em 09/05/07**. São Paulo, 2007.
- BUTTERFIELD, R.O.; FREEDMAN, B.; PRYDE, E.H. Transesterification kinetics of soybean oil. **JAOCS**, n. 63, p.1375-1380, 1986.
- CAGECE – COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. **Valores de tarifas**. Disponível em <[http://www.cagece.com.br/agencia/tarifas_faturamentos/valores_fatura/inicio/view? sea](http://www.cagece.com.br/agencia/tarifas_faturamentos/valores_fatura/inicio/view?sea)>. Acesso em: 26 Mai. 2007.
- CAJAÍBA, J.; CALDEIRA, A.; MOTA, C.J.A. **Biogasolina: uma alternativa para o aproveitamento da glicerina**. Laboratório de Reatividade de Hidrocarbonetos e Catálise Orgânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- CALDEIRA, A.; MOTA, C.J.A. **Reações de conversão de glicerina a intermediários petroquímicos**. Brasília: MCT - Ministério de Ciência e Tecnologia, 2005.
- CALÔBA, G.; MOTTA, R. **Análise de risco e de decisão usando @RISK e decision tools**. São Paulo, 2005. 180p.
- CARMÉLIO, E. C. **Biodiesel combustível social: inclusão da agricultura familiar**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário – Secretaria da Agricultura Familiar, 2006.
- CARVALHO, L. C. **Política nacional para o biodiesel**. Brasília: Ministério de Minas e Energia - Departamento de Combustíveis Renováveis, 2006.
- CASTRO, H. F. *et al.* Modificação de óleos e gorduras por biotransformação. Departamento de Engenharia Química – FAENQUIL, Departamento de Ciências de Alimentos – UNICAMP; **Revista Química Nova**, v. 27, n. 1, p.146-156, 2004.
- CAVALCANTI, J.C. BNDES - Banco nacional de desenvolvimento social e econômico. In: SEMINÁRIO INVESTIMENTOS EM BODIESEL, 2006, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro: MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2006. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 10 Mai. 2007.
- CEPEA-ESALQ-USP– CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - ESCOLA SUPERIOR DE AGRONOMIA LUIZ DE QUEIROZ-UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Indicadores do preço de álcool combustível**. Disponível em <http://www.alcopar.org.br/indicadores/in_hidra_comb.htm>. Acesso em: 26 Mai. 2007.

- CESAMA– COMPANHIA DE SANEAMENTO DE JUIZ DE FORA – MG. **Valores de tarifas.** Disponível em <<http://www.cesama.com.br/tarifas.php>>. Acesso em: 26 Mai. 2007.
- CHANG, C. C.; WAN, W. S. China's motor fuels from tung oil. In Chemical Abstracts 42: 1037h. **Industrial Engineering Chemical**, n. 39, p.1543-1548, 1947.
- CHAVANNE, C. G. **Procedures for the transformation of vegetable oils for their uses as fuels.** Belgian, n. PI 422.877, 31 agosto 1937.
- CHENG, W. F. China produces fuel from vegetable oils. **Chemical Metallurgic Engineering** n. 52, p.99, 1945.
- CHOWHURY, D. H. *et al.* In Chemical Abstracts 36: 5330. Indian vegetables fuel oils for diesel engines. **Gas Oil Power** n. 37, p.80-85, 1942.
- CLEMENTS, D. *et al.* Biodiesel production technology. **NREL-National Renewable Energy Laboratory.** NREL/SR-510-36244, 2004.
- COPENOR- COMPANHIA PETROQUÍMICA DO NORDESTE. **Cotação de produtos químicos realizada em 09/05/07.** São Paulo, 2007.
- COSAMPA– COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ. **Valores de tarifas.** Disponível em <<http://www.cosampa.pa.gov.br/NOVO/tarifas.asp>>. Acesso em: 26 Mai. 2007.
- COSTA NETO, P.R. **Obtenção de ésteres alquílicos (biodiesel) por via enzimática a partir de óleo de soja.** 236f. Tese (Doutorado em Química) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- CRAIG, B.; GOEBEL, A.; HAASE, S. **An economic analysis of small-scale biodiesel production: implementation of ethyl ester production in a job shop setting.** Universidade Estadual de Minnesota, Estados Unidos, 2004.
- CRESTANA, S. **Matérias-primas para produção do biodiesel: priorizando alternativas.** São Paulo: Embrapa - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2005.
- DASHER - DASHER PRODUTOS QUÍMICOS LTDA. **Cotação de produtos químicos realizada em 09/05/07.** São Paulo, 2007.
- DEMIRBAS, A. Biodiesel production via non-catalytic SCF method and biodiesel fuel characteristics. **Energy Conversion and Management**, 47, p. 2271-2282, 2006.
- DIESEL, R. The diesel oil –engine. In Chemical Abstracts 6: 1984. **Engineering**, v. 93: p. 395-406, 1912.
- DIESEL, R. The diesel oil –engine and its industrial importance particularly for great Britain. In Chemical Abstracts 7: 1605. **Proc. Inst.Mech.Eng**, p. 179-280, 1913.
- DU, W., XU, Y., LIU, D., ZENG, J.; Comparative study catalyzed transformation of soybean oil for biodiesel production with different acyl acceptors. Department of Chemical Engineering – Tsinghua University; **Journal of Molecular Catalysis**, n. 17, p 125-129; 2004.

DU, D.; KOJIMA, S.; PARK, E. Y.; SATO, M. **Biodiesel production from waste oil using lipase in organic solvent system**. Universidade de Shizuoka, Japão, 2006.

DUNCAN, J. **Costs of biodiesel production**. Energy Efficiency and Conservation Authority, 2003. 26p.

EEB - EUROPEAN BIODIESEL BOARD. **Statistics**. Disponível em <<http://www.eeb-eu.org>>. Acesso em: 25 Fev. 2007.

EIA - ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Annual energy outlook -2007 with projections to 2030**. Disponível em <<http://www.eia-doe.gov/oiaf/aeo/>>. Acesso em: 30 Out. 2007.

ELETROPAULO. **Tarifas grupo A e grupo B**. Disponível em <http://www.eletropaulo.com.br/portal/page.cfm?conteudo_id=640>. Acesso em: 20 Mai. 2007.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja - dados econômicos**. Disponível em <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=16&op_page=294>. Acesso em: 17 Nov. 2007.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano nacional de energia 2030**. MME- Ministério de Minas e Energia, 2006. Disponível em <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 24 Jul. 2007.

FANGRUI, M.; HANNAB, M.A. Biodiesel production: a review. **Bioresource Technology**, n. 70, p.1-15 1999.

FELLICI, P. H. N.; GAZZONI, D. L. Biodiesel para auto-consumo. **Agro Analysis**, n. 10 v. 26, p. 43-44, 2006.

FEPAME – FEPAME METALÚRGICA E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS. **Cotação de equipamentos realizada em 09/05/07**. São Paulo, 2007.

FERREIRA, M.S. *et al.* Biodiesel a partir de óleos vegetais. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022000000200047&lng=pt&nrm=abn>. Acesso em: 10 Set. 2006.

FINEP – FINANCIADOR DE ESTUDOS E PROJETOS. **Fertibom produz biodiesel com apoio da FINEP**. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/imprensa/noticia.asp?cod_noticia=898>. Acesso em 7 Abr. 2007.

FREEDMAN, B.; MOUNTS, T.L.; PRYDE, E.H. Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. **JAOCS**, n. 61, p.1638-1643, 1984.

FRY, B.; GOERING, C.E. Engine durability screening test of a diesel oil/soy oil/alcohol microemulsion fuel. **JAOCS** n 61, p. 1627-1632, 1984.

FUKUDA, H.; KONDO, A.; NODA, H. Review biodiesel fuel production by transesterification of oils. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, n 92, p. 405-416, 2001.

GAIA – THE GAIA MOVEMENT. \$28,000 para “cerças para combustível”. **The gaia movement bulletin**. Set, 2007. Disponível em: < <http://www.gaia-movement.org>>. Acesso em 15 Nov. 2007.

GANDRA, A. Petrobras estuda parceria com Itália para produção de biodiesel na África. **RadioBrás – Agência Brasil**, 20 Mar. 2007. Disponível em <www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/03/20/materia.2007-03-20>. Acesso em: 15 Nov. 2007.

GAO, X.; NOUREDDINI, H.; PHILKANA, R. S. Immobilized *Pseudomonas cepacia* lipase for biodiesel fuel production from soybean oil; Department of Chemical Engineering – University of Nebraska-Lincoln; **Bioresource Technology**, Outubro, 2004.

GAZZONI, D.L. **História e biodiesel**, 2006. Disponível em: < <http://www.biodieselbr.com/biodiesel/historia/biodiesel-historia.htm> > Acesso em: 23 Jul . 2007.

GERPEN, J.V.; Biodiesel processing and production. **Fuel Processing Technology**, n. 86, p 1097-1107; 2005.

GOERING, C.E. *et al.* In on plant and vegetable oils as fuels. **American Society of Agricultural Engineers**, MI 4, p. 279-286, 1982.

GOERING, C.E. **Effect of nonpetroleum fuels on durability of direct-injection diesel engines**. United States Department of Agriculture, Estados Unidos, 1984.

HAMA, S. *et al.* Effect of fatty acid membrane composition on whole-cell biocatalysts for biodiesel-fuel production. Department of Molecular Science and Material Engineering – Kobe University, Department of Chemical Science and Engineering – Kobe University, **Journal of Molecular Catalysis**, n. 21, p 155-160; 2004.

HAAS, M.J. *et al.* A process model to estimate biodiesel production costs. **Bioresource Technology**, n 97, p. 671-678, 2006.

HILL, A.; KURKI, A.; MORRIS, M. Biodiesel: The sustainability dimensions. **ATTRA-National Sustainable Agriculture Information Service**, 2006. Disponível em: <http://www.attra.ncat.org/attra-pub/PDF/biodiesel_sustainable.pdf >. Acesso em: 17 Ago. 2006.

HORTA, L.A.N. **O preço dos combustíveis no brasil**. Brasília: ANP - Agência Nacional do Petróleo, 2005.

HORTA, L.A.N. Biocombustíveis no brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL: PERSPECTIVAS DO BIODIESEL NO PERU - UNIVERSIDADE LA MOLINA, 2006. Peru, Lima. **Anais...** Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2006. CD-ROM.

HUGUENARD, C.M. **Dual fuel for diesel engines using cottonseed oil**. 174f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Ohio, Columbus, OH, Estados Unidos, 1951.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.
Produção agrícola municipal - cereais, leguminosas e oleaginosas - 2002 – 2006. Disponível em:

<http://www1.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=931&id_pagina=1>. Acesso em 17 Nov. 2007.

JBIC - BANCO DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO.
Estudos prospectivos para fomento dos biocombustíveis no Brasil. Brasília: JBIC, 2006. 347p.

KAIEDA, M. *et al.* Effect of methanol and water contents on production of biodiesel fuel from plant oil catalyzed by various lipases in a solvent free system. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, n.91, p. 12-15, 2001.

KAUFMAN, K.R.; PRATT, G.L.; ZIEJEWSKI, M.Z. Vegetable oil as diesel fuel. **United States Department of Agriculture**, ARM-NC-28, pp. 106-111, 1983.

KAZUA, O. *et al.* **Production of biodiesel by ozone treatment.** Universidade de Seikei, Tóquio, Japão, 2004.

KLADT, F. Inovação na tecnologia de fabricação de biodiesel – tendências mundiais. In: SEMINÁRIO DE BIODIESEL, 2005, Porto Alegre. **Anais...**, São Paulo: Bunge, 2005.

KLADT, F. Fábricas de esmagamento de óleo & usinas de açúcar e álcool -um casamento perfeito com um filho pródigo: o biodiesel. In: IV FÓRUM BRASIL - ALEMANHA SOBRE BIODIESEL, 2006, São Paulo. **Anais...**, São Paulo: Bunge 2006.

KNOTHE, G. Historical perspectives on vegetable oil-based diesel fuels. **Industrial Oils Inform**, v. 12, novembro, 2001.

KNOTHE, G. *et al.* **Biodiesel handbook.** Champaign, Illinois: AOCS Press, 2005a. 688p.

KNOTHE, G. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. **Fuel Processing Technology**, n. 86, p. 1059-1070, 2005b.

KUSDIANA, D.; SAKA, S. Methyl esterification of free fatty acids of rapeseed oil as treated in supercritical methanol, **Journal of Chemical Engineering of Japan**, n. 37, p. 383-387, 2001.

LEM, R.F.A. **Dual fuel for diesel engines using corn oil with variable injection time.** 156f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Ohio, Columbus, OH, Estados Unidos, 1952.

LIFKA, J.; ONDRUSCHKA, B. Influence of mass transfer on the production of biodiesel. **Chem. Ing. Techn.**, n. 76, p. 168–171, 2004.

LÓPEZ, D.E. *et al.* Transesterification of triacetin with methanol on solid acid and base catalysts. **Applied Catalysis A: General**, n. 295, p. 97-105, 2005.

MACEDO, G. A., MACEDO, J. A.; Biodiesel – produção de biodiesel por transesterificação de óleos vegetais. Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP, **Biociência & Desenvolvimento**, n 32; Janeiro/Junho, 2004.

MACEDO, I.C. **Estado da arte e tendências tecnológicas para energia**. CTenerg – Secretaria Técnica do Fundo Setorial de Energia, Brasília, 2003.

MACEDO, I.C.; NOGUEIRA, L.A.H. Biocombustíveis. In: NÚCLEO DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Cadernos NAE processos estratégicos de longo prazo**. Brasília, 2005. Seções 1 e 2.

MCT-MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Portal do biodiesel - programa nacional de produção e uso de biodiesel**. Disponível em <<http://www.biodiesel.gov.br>>. Acesso em: 02 Mar. 2007.

MONTEIRO, R. Preço de óleo de soja ameaça biodiesel. **Jornal do Brasil**, 01 Jun. 2007. Disponível em <<http://www.udop.com.br/geral.php?item=noticia&cod=70300>>. Acesso em: 08 Jun. 2007.

NAPPO, M. A indústria de óleos vegetais e o biodiesel no Brasil. In: 1º FÓRUM BRASIL-ALEMANHA SOBRE BIOCMBUSTÍVEIS, 2004. **Anais...**, São Paulo: Abiove - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais, 2004. Disponível em <<http://www.abiove.com.br/artigos>>. Acesso em: 22 Jul. 2007.

NAPPO, M. Competitividade econômica do biodiesel no Brasil. In: SEMINÁRIO DE COMBUSTÍVEIS, LUBRIFICANTES E ADITIVOS: PANORAMA AUTOMOTIVO NO BRASIL, 2005. **Anais...**, São Paulo: Abiove - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais, 2005a. Disponível em <<http://www.abiove.com.br/artigos>>. Acesso em: 22 Jul. 2007.

NAPPO, M. Garantia de disponibilidade de biodiesel, In: SEMINÁRIO BIODIESEL EXPANDINDO O USO, 2005. **Anais...**, São Paulo: AEA - Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, 2005b. Disponível em <<http://www.abiove.com.br/artigos>>. Acesso em: 22 Jul. 2007.

NIEHAUS, R.A. *et al.* Cracked soybean oil as a fuel for a diesel engine. **ASAE 29**, p. 683-689, 1986.

NOWAKOWSKA, J.; WIEBE, R. The technical literature of agricultural motor fuels. **USDA Bibliographic Bulletin**, Washington, n. 10, p.183-195, 1949.

OBREGÓN, C.L. Obtenção de biodiesel através da transesterificação enzimática: energia alternativa para auto-desenvolvimento, **Prêmio Mercosul de Ciência e Tecnologia**, 2004.

OLIVEIRA, D.; OLIVEIRA, J. V. Enzymatic alcoholysis of palm kernel oil in n-hexane and SCCO₂. Departamento de Engenharia Química – URI-Erechim, PEQ / COPPE / UFRJ – Rio de Janeiro; **The Journal of Supercritical Fluids**; Junho, 2000.

OLIVEIRA, D. *et al.* Influência das variáveis de processo na alcoólise enzimática de óleo de mamona. Departamento de Ciências Agrárias – Engenharia de Alimentos de URI; **Ciência e Tecnologia de Alimentos**; v. 24, n. 2, Campinas, Abril/Junho, 2004.

OLIVÉRIO, J. L. **Implantação de usinas de biodiesel**. São Paulo: DEDINI - Indústrias de Base / FIESP, 2005.

OLIVÉRIO, J.L.; BARREIRA, S.T.; RANGEL, S.C.P. Integrated biodiesel production in barralcool sugar and alcohol mill. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technologies**, Vol. 26, p.1128-1245, 2007.

PACHECO, J.W; YAMANAKA, H. T. **Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno)**. São Paulo: CETESB, 2006. 98p.

PALISADE. **Guide to using @RISK: risk analysis and simulation add-in for microsoft excel**. Nova Iorque, 2006. 474 p.

PENTEADO, M.C.P.S. **Identificação dos gargalos e estabelecimento de um plano de ação para o sucesso do programa brasileiro de biodiesel**. 177f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva), Universidade de São Paulo – Escola Politécnica, São Paulo, 2005.

PERES, S. **Co-produtos do Biodiesel**. Rio de Janeiro: Ministério de Ciência e Tecnologia, 2005.

PETROBIO – PETROBIO EQUIPAMENTOS PARA BIODIESEL. **Cotação de equipamentos realizada em 09/05/07**. São Paulo, 2007.

PETROBRAS. **Processo H-BIO: tecnologia para a produção de óleo diesel renovável**, 2006. Disponível em: <<http://www2.petrobras.com.br/tecnologia/port/hbio.asp>>. Acesso em: 05 Nov . 2006.

PIMENTEL, C. Brasil e Senegal assinam quatro acordos de cooperação. **RadioBrás – Agência Brasil**, 20 Mar. 2007. Disponível em <www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/05/16/materia.2007-05-16>. Acesso em: 15 Nov. 2007.

PIOCH, D. *et al.* Biofuels from catalytic cracking of tropical vegetable oils. **Oleagineux**, n. 48, p. 289-291, 1993.

PLÁ, J.A.*et al.* **Biodiesel: uma alternativa estratégica na matriz energética brasileira ?**, Porto Alegre: Departamento de Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 20p.

PRYDE, E.H. Vegetable oil as diesel fuel: overview. **JAOCs** n 60, p. 1557-1558, 1983.

PRYDE, E.H. Vegetable oil as diesel fuel alternatives - symposium overview. **JAOCs** n 61, p. 1609-1610, 1984.

QINGYU, W.; XIAOLING, M. Biodiesel production from heterotrophic microalgal oil. **Bioresource Technology**, n 97, p. 841-846, 2006.

QD – QUÍMICA E DERIVADOS. Tabela de referência de cotação de produtos químicos. **Revista Química e Derivados**, São Paulo, n. 458, 2007, p.4.

QUIRINO, R. L. **Estudo do efeito da presença de alumina dopada com TiO₂ e ZrO₂ no craqueamento do óleo de soja.** 203f. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade de Brasília, 2006.

RADICH, A. Biodiesel performance, costs, and use. **Energy Information Administration**, 2004.

RAMOS, L.P. *et al.* Biodiesel: um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. **Revista Biotecnologia & Desenvolvimento**, São Paulo, v. 31, jul./dez., 2003.

RECEITA – RECEITA FEDERAL DO BRASIL – **Legislação**. Disponível em <<http://www.receita.fazenda.gov.br>>. Acesso em: 20 Mai. 2007.

REIS, M.H.M.R. **Desenvolvimento de um programa para geração de mapas de curvas residuais e aplicação a processos de destilação azeotrópica e extrativa.** 163f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2002.

RIBEIRO, S.K. **Competitividade do biodiesel no mercado de combustíveis no Brasil.** Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005. 33p.

ROMERO, T. Biodiesel em escala industrial. **Agência FAPESP**, 2006.

Disponível em:

<http://www.ripa.com.br/index.php?id=814&tx_ttnews%5Btt_news%5D=289&tx_ttnews%5BbackPid%5D=471&cHash=21ef2f73d3>. Acesso em: 10 Set. 2006.

RUBIN, J. C. **Produção de diesel vegetal a partir de óleos e gorduras.** Brasília: Universidade de Brasília – Embrapa, 2005.

SABESP – COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Valores de tarifas.** Disponível em <<http://www.sabesp.com.br/downloads/tarifas>>. Acesso em: 26 Mai. 2007.

SANECAP – COMPANHIA DE SANEAMENTO DA CAPITAL- CUIABÁ. **Valores de tarifas.** Disponível em <<http://www.sanecap.localweb.com.br/tarifas>>. Acesso em: 26 Mai. 2007.

SCHLAUTMAN, N.J.; SCHINSTOCK, J.L.; HANNA, M.A. Unrefined expelled soybean oil performance in a diesel engine. **ASAE** n 29, p. 70-73, 1986.

SCHLICK, M.L.; HANNA, M.A.; SCHINSTOCK, J.L. Soybean and sun flower oil performance in a diesel engine. **ASAE** n 31, p. 1345-1349, 1988.

SCHWAB, A.W. *et al.* Diesel fuel from thermal decomposition of soybean oil. **JAACS**, n. 65, p. 1781-1786, 1988.

SHALY, E. G. Historical perspectives on vegetable oil-based diesel fuels. **Biomass and Bioenergy**, n. 4, p.227-242, 1993.

SHIMADA, Y. *et al.* Enzymatic alcoholysis for biodiesel fuel production and application of the reaction to oil processing. Osaka Municipal Technical Research Institute; **Journal of Molecular Catalysis**, n.17, p 133-142, 2002.

- SIC – SERVIÇO DE INFORMAÇÃO DA CARNE. **Balanço pecuário brasileiro - 2006**. Disponível em <<http://www.sic.org.br/tabelabalanco.asp>> Acesso em 05 Abril de 2007.
- SOUZA, R.R. **Panorama, oportunidades e desafios para o mercado mundial de álcool automotivo**. 138f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Planejamento Energético), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- STAVARACHE, C. *et al.* Conversion of vegetable oil to biodiesel using ultrasonic irradiation, **Chem. Lett.**, n. 32, p. 716–717, 2003.
- STRAPASSON, A. **Perspectivas para o álcool combustível**. São Paulo: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006.
- SUAREZ, P. A. Z. Contribuições do **laboratório de materiais e combustíveis da universidade de Brasília no desenvolvimento de processos para obtenção de combustíveis alternativos a partir de óleos vegetais**. Trabalho apresentado para a candidatura ao prêmio mercosul de ciência e tecnologia – ano 2004, área de energia, Instituto de Química – Universidade de Brasília (UnB), 2004.
- TAKUJI T. *et al.* **Novel production method of biodiesel fuel using anion exchange resin as a heterogeneous catalyst**. Universidade de Tohoku, 2004.
- TAVARES, M.E.E. **Análise do refino no brasil: estado e perspectivas - uma análise cross-section**. 402f. Tese (Doutorado em Ciências e Planejamento Energético), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- THURMOND, W. Biodiesel 2020:global market survey, case studies and forecasts. **Emerging Markets Online**, 2006.
- TORRES, O.F.F. **Fundamentos da engenharia econômica e da análise econômica de projetos**. São Paulo: Thomson Learning, 2006. 145 p.
- UCHIMURA, M.S. Processos de desidratação de álcool hidratado. **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - TECPAR**. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>>. Acesso em 11 Nov. de 2006.
- ULRICH, G.D. **A guide to chemical engineering process design and economics**. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1984. 473 p.
- VECCHIO, E.D. DEDINI – indústrias de dase. In: SEMINÁRIO INVESTIMENTOS EM BIODIESEL, 2006, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro: MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2006. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 10 Mai. 2007.
- VIEIRA, L. O lixo virou lucro. **Revista ABCZ – Associação Brasileira dos Criadores de Zebu**. Disponível em: <http://www.paginarural.com.br/noticias_impresao.asp?ID=27643>. Acesso em 7 Abr. de 2006.
- WALTON, J. The fuel possibilities of vegetable oils. In Chemical Abstracts 33: 833. **Gas Oli Power**, n. 33, p.167-168, 1938.

WANG, R. Development of biodiesel fuel. In Chemical Abstracts 111: 26233. **Taiyangneng Xuebao**, n. 9, p.434-436, 1988.

WATANABE, Y. *et al.* Conversion of degummed soybean oil to biodiesel fuel with immobilized *Candida Antarctica* lipase. Osaka Municipal Technical Research Institute; **Journal of Molecular Catalysis**, n. 17, p 151-155, 2002.

YMAZAKI, R. *et al.* **Biodiesel fuel production by noncatalytic alcoholysis of oils**. Universidade de Tóquio, 2006.

ZHANG, Y. **Design and Economic Assessment of Biodiesel production from waste cooking oil**. 141f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia Química), Universidade de Otawa, Otawa, 2002.

ZHANG, Y. *et al.* Biodiesel production from waste cooking oil: 1. process design and technological assessment. **Bioresource Technology**, n 89, p. 1-16, 2003a.

ZHANG, Y. *et al.* Biodiesel production from waste cooking oil: 2. economic assessment and sensitivity analysis. **Bioresource Technology**, n 90, p. 229-240, 2003b.

ZIEJEWSKI, M. *et al.* Diesel engine evaluation of a nonionic sunflower oil-aqueous ethanol microemulsion. **JAOCs** n 61, p.1620-1626, 1984.

ZILIO, J. Biodiesel economics in brazil. In: BIOFUELS SEMINAR. 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2005. CD-ROM.

**ANEXO-A: DADOS DAS PLANTAS DE
TRANSESTERIFICAÇÃO E PRÉ-TRATAMENTO DE
ÓLEO E GORDURA ANIMAL**

Tabela A.1: Vazões mássicas das correntes do processo de transesterificação etílica. Elaboração própria a partir de (REIS, 2002; ZHANG *et al*, 2002, 2003a, 2003b; DUNCAN, 2003; CLEMENTS *et al*, 2004; CRAIG; GOEBEL; HAASE, 2004; RADICH, 2004; GERPEN, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; MACEDO; NOGUEIRA 2005; PENTEADO, 2005; HAAS *et al*, 2006; UCHIMURA, 2006).

Vazões Mássicas das Correntes do Processo de Transesterificação Etílica (unidades em Kg/h)

Corrente	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015
Oleo	0,0000	0,0000	0,0000	9.491,5915	0,0000	0,0000	9.491,5915	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	9.491,5915	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Água	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,0011	0,0000	187,0030	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	10,3891
Etanol	0,0000	1.231,7360	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	8.006,2851	0,0000	0,0000	6.774,5491	0,0000	0,0000
Acido Clorídrico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	586,3101	0,0000	0,0000	0,0000	231,8156	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1.278,4965
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hidróxido de Sódio	0,0000	0,0000	327,1435	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	327,1435	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cloreto de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	203,3797
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Oleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Corrente	016	017	018	019	020	021	022	023	024	025	026	027	028	029	030
Oleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1.208,3203	1.208,3203	1.208,3203	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	7.796,3526	7.796,3526	7.796,3526	0,0000	0,0000	0,0000	8.920,1640	8.920,1640	8.920,1640	8.920,1640	8.920,1640
Água	0,0000	0,0000	2,0011	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	4,9561	0,0000	0,0000	0,0000	99,1229	4,9561	4,9561
Etanol	7.205,6566	0,0000	0,0000	0,0000	6.069,9960	0,0000	0,0000	6.069,9960	0,0000	800,6285	704,5531	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Acido Clorídrico	0,0000	354,4945	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1.150,3820	0,0000	0,0000	1.150,3820	0,0000	0,0000	128,1145	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hidróxido de Sódio	294,4291	0,0000	0,0000	0,0000	279,7077	279,7077	279,7077	0,0000	0,0000	32,7143	310,7897	310,7897	0,0000	0,0000	0,0000
Cloreto de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	568,1624	0,0000	0,0000
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Oleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	486,9186	486,9186	486,9186	0,0000	0,0000	0,0000	541,0207	541,0207	541,0207	0,0000	0,0000

Tabela A.1: Vazões mássicas das correntes do processo de transesterificação etílica (continuação).

Vazões Mássicas das Correntes do Processo de Transesterificação Etílica (unidades em Kg/h) (Continuação)

Corrente	031	032	033	034	035	036	037	038	039	040	041	042	043	044	045
Oleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel	0,0000	0,0000	8.920,1640	0,0000	0,0000	8.920,1640	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Água	0,0000	0,0000	0,0000	94,1668	0,0000	0,0000	207,7811	0,0000	0,0000	0,0000	197,3921	0,0000	0,0000	197,3921	207,7811
Etanol	704,5531	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	6.774,5491	0,0000	6.774,5491	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	6.774,5491	6.774,5491
Ácido Clorídrico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerina	128,1145	1.278,4965	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1.278,4965	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1.278,4965
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1.354,9098	0,0000	1.354,9098	0,0000	0,0000	0,0000
Hidróxido de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cloreto de Sódio	0,0000	203,3797	0,0000	568,1624	0,0000	0,0000	939,7025	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	939,7025
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	892,0164	892,0164	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Oleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	541,0207	0,0000	0,0000	287,6819	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	287,6819	0,0000	0,0000

Corrente	046	047	048	049	050	051									
Oleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Água	207,7811	207,7811	197,3921	10,3891	0,0000	0,0000									
Etanol	6.774,5491	6.774,5491	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Ácido Clorídrico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Glicerina	1.278,4965	1.278,4965	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	1.354,9098	0,0000	1.354,9098	0,0000									
Hidróxido de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Cloreto de Sódio	203,3797	203,3797	0,0000	0,0000	0,0000	736,3228									
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Oleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									

Tabela A.2: Vazões volumétricas das correntes do processo de transesterificação etílica. Elaboração própria a partir de (REIS, 2002; ZHANG *et al.*, 2002, 2003a, 2003b; DUNCAN, 2003; CLEMENTS *et al.*, 2004; CRAIG; GOEBEL; HAASE, 2004; RADICH, 2004; GERPEN, 2005; KNOTHE *et al.*, 2005a; MACEDO; NOGUEIRA 2005; PENTEADO, 2005; HAAS *et al.*, 2006; UCHIMURA, 2006).

Vazões Volumétricas das Correntes do Processo de Transesterificação Etílica (unidades em m³/h)

Corrente	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015
Óleo	0,0000	0,0000	0,0000	10,5462	0,0000	0,0000	10,5462	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	10,5462	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Água	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0020	0,0000	0,1870	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0104
Etanol	0,0000	1,5592	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	10,1345	0,0000	0,0000	8,5754	0,0000	0,0000
Ácido Clorídrico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5011	0,0000	0,0000	0,0000	0,1981	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0115
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hidróxido de Sódio	0,0000	0,0000	0,1936	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1936	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cloreto de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1990
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres															

Corrente	016	017	018	019	020	021	022	023	024	025	026	027	028	029	030
Óleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,3426	1,3426	1,3426	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	8,6626	8,6626	8,6626	0,0000	0,0000	0,0000	9,9113	9,9113	9,9113	9,9113	9,9113
Água	0,0000	0,0000	0,0020	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0000	0,0000	0,0000	0,0991	0,0050	0,0050
Etanol	9,1211	0,0000	0,0000	0,0000	7,6835	0,0000	0,0000	7,6835	0,0000	1,0135	0,8918	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ácido Clorídrico	0,0000	0,3030	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,9101	0,0000	0,0000	0,9101	0,0000	0,0000	0,1014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hidróxido de Sódio	0,1742	0,0000	0,0000	0,0000	0,1655	0,1655	0,1655	0,0000	0,0000	0,0194	0,1839	0,1839	0,0000	0,0000	0,0000
Cloreto de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5559	0,0000	0,0000
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5410	0,5410	0,5410	0,0000	0,0000	0,0000	0,6011	0,6011	0,6011	0,0000	0,0000

Tabela A.2: Vazões volumétricas das correntes do processo de transesterificação etílica (continuação).

Vazões Volumétricas das Correntes do Processo de Transesterificação Etílica (unidades em m³/h) (Continuação)

Corrente	031	032	033	034	035	036	037	038	039	040	041	042	043	044	045
Óleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel	0,0000	0,0000	9,9113	0,0000	0,0000	9,9113	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Água	0,0000	0,0000	0,0000	0,0942	0,0000	0,0000	0,2078	0,0000	0,0000	0,0000	0,1974	0,0000	0,0000	0,1974	0,2078
Etanol	0,8918	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	8,5754	0,0000	8,5754	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	8,5754	8,5754
Ácido Clorídrico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerina	0,1014	1,0115	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0115	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0115
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,2152	0,0000	1,2152	0,0000	0,0000	0,0000
Hidróxido de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cloreto de Sódio	0,0000	0,1990	0,0000	0,5559	0,0000	0,0000	0,9195	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,9195
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,9911	0,9911	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	0,6011	0,0000	0,0000	0,3196	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3196	0,0000	0,0000

Corrente	046	047	048	049	050	051									
Óleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Água	0,2078	0,2078	0,1974	0,0104	0,0000	0,0000									
Etanol	8,5754	8,5754	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Ácido Clorídrico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Glicerina	1,0115	1,0115	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	1,2152	0,0000	1,2152	0,0000									
Hidróxido de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Cloreto de Sódio	0,1990	0,1990	0,0000	0,0000	0,0000	0,7205									
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Óleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									

Tabela A.3: Vazões mássicas das correntes do processo de transesterificação metílica. Elaboração própria a partir de (REIS, 2002; ZHANG *et al*, 2002, 2003a, 2003b; DUNCAN, 2003; CLEMENTS *et al*, 2004; CRAIG; GOEBEL; HAASE, 2004; RADICH, 2004; GERPEN, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; MACEDO; NOGUEIRA 2005; PENTEADO, 2005; HAAS *et al*, 2006; UCHIMURA, 2006).

Vazões Mássicas das Correntes do Processo de Transesterificação Metílica (unidades em Kg/h)

Corrente	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015
Óleo	0,0000	0,0000	0,0000	4.745,7957	0,0000	0,0000	4.745,7957	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	4.745,7957	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Água	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0005	0,0000	93,5019	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	103,8910
Etanol	426,3702	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	852,7404	0,0000
Ácido Clorídrico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	293,1570	0,0000	0,0000	0,0000	115,9078	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	390,0643
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hidróxido de Sódio	0,0000	0,0000	163,5717	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	163,5717	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cloreto de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	203,3797
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Corrente	016	017	018	019	020	021	022	023	024	025	026	027	028	029	030
Óleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	604,1601	604,1601	604,1601	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3.953,1763	3.953,1763	3.953,1763	0,0000	0,0000	0,0000	4.460,0820	4.460,0820	4.460,0820	4.460,0820	4.460,0820
Água	0,0000	0,0000	1,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,4781	0,0000	0,0000	0,0000	49,5620	2,4781	2,4781
Etanol	767,4664	0,0000	0,0000	426,3702	383,7332	0,0000	0,0000	383,7332	0,0000	85,2740	42,6370	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ácido Clorídrico	0,0000	177,2492	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	336,3332	0,0000	0,0000	336,3332	0,0000	0,0000	53,7311	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hidróxido de Sódio	147,2146	0,0000	0,0000	0,0000	139,8538	139,8538	139,8538	0,0000	0,0000	16,3572	155,3966	155,3966	0,0000	0,0000	0,0000
Cloreto de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	284,0843	0,0000	0,0000
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	243,4593	243,4593	243,4593	0,0000	0,0000	0,0000	270,5104	270,5104	270,5104	0,0000	0,0000

Tabela A.3: Vazões mássicas das correntes do processo de transesterificação metílica (continuação).

Vazões Mássicas das Correntes do Processo de Transesterificação Metílica (unidades em Kg/h) (Continuação)

Corrente	031	032	033	034	035	036	037	038	039	040	041	042	043	044	045
Óleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel	0,0000	0,0000	4.460,0820	0,0000	0,0000	4.460,0820	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Água	0,0000	0,0000	0,0000	47,0839	0,0000	0,0000	103,8910	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	103,8910
Etanol	42,6370	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	426,3702	426,3702	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	426,3702
Ácido Clorídrico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerina	53,7311	390,0643	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	390,0643	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	390,0643
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hidróxido de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cloreto de Sódio	0,0000	203,3797	0,0000	284,0843	0,0000	0,0000	469,8544	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	469,8544
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	446,0082	446,0082	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	270,5104	0,0000	0,0000	143,8409	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	143,8409	0,0000	0,0000

Corrente	046	047	048	049	050	051									
Óleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Água	103,8910	103,8910	0,0000	103,8910	0,0000	0,0000									
Etanol	426,3702	426,3702	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Ácido Clorídrico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Glicerina	390,0643	390,0643	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Hidróxido de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Cloreto de Sódio	203,3797	203,3797	0,0000	0,0000	0,0000	266,4747									
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Óleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									

Vazões Volumétricas das Correntes do Processo de Transesterificação Metílica (unidades em m³/h)

Corrente	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015
Oleo	0,0000	0,0000	0,0000	5,2731	0,0000	0,0000	5,2731	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	5,2731	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Água	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0935	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1039
Etanol	0,5397	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0794	0,0000
Ácido Clorídrico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2506	0,0000	0,0000	0,0000	0,0991	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3086
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hidróxido de Sódio	0,0000	0,0000	0,0968	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0968	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cloreto de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1990
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Oleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Corrente	016	017	018	019	020	021	022	023	024	025	026	027	028	029	030
Oleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,6713	0,6713	0,6713	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	4,3924	4,3924	4,3924	0,0000	0,0000	0,0000	4,9556	4,9556	4,9556	4,9556	4,9556
Água	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0025	0,0000	0,0000	0,0000	0,0496	0,0025	0,0025
Etanol	0,9715	0,0000	0,0000	0,5397	0,4857	0,0000	0,0000	0,4857	0,0000	0,1079	0,0540	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ácido Clorídrico	0,0000	0,1515	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2661	0,0000	0,0000	0,2661	0,0000	0,0000	0,0425	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hidróxido de Sódio	0,0871	0,0000	0,0000	0,0000	0,0828	0,0828	0,0828	0,0000	0,0000	0,0097	0,0920	0,0920	0,0000	0,0000	0,0000
Cloreto de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2780	0,0000	0,0000
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Oleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2705	0,2705	0,2705	0,0000	0,0000	0,0000	0,3006	0,3006	0,3006	0,0000	0,0000

Tabela A.4: Vazões volumétricas das correntes do processo de transesterificação metílica. Elaboração própria a partir de (REIS, 2002; ZHANG *et al*, 2002, 2003a, 2003b; DUNCAN, 2003; CLEMENTS *et al*, 2004; CRAIG; GOEBEL; HAASE, 2004; RADICH, 2004; GERPEN, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; MACEDO; NOGUEIRA 2005; PENTEADO, 2005; HAAS *et al*, 2006; UCHIMURA, 2006).

Tabela A.4: Vazões volumétricas das correntes do processo de transesterificação metílica (continuação).

Vazões Volumétricas das Correntes do Processo de Transesterificação Metílica (unidades em m³/h) (Continuação)

Corrente	031	032	033	034	035	036	037	038	039	040	041	042	043	044	045
Óleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel	0,0000	0,0000	4,9556	0,0000	0,0000	4,9556	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Água	0,0000	0,0000	0,0000	0,0471	0,0000	0,0000	0,1039	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1039
Etanol	0,0540	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5397	0,5397	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5397
Ácido Clorídrico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerina	0,0425	0,3086	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3086	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3086
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hidróxido de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cloreto de Sódio	0,0000	0,1990	0,0000	0,2780	0,0000	0,0000	0,4597	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4597
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4956	0,4956	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	0,3006	0,0000	0,0000	0,1598	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1598	0,0000	0,0000

Corrente	046	047	048	049	050	051									
Óleo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Água	0,1039	0,1039	0,0000	0,1039	0,0000	0,0000									
Etanol	0,5397	0,5397	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Ácido Clorídrico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Glicerina	0,3086	0,3086	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Etilenoglicol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Hidróxido de Sódio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Cloreto de Sódio	0,1990	0,1990	0,0000	0,0000	0,0000	0,2607									
Aditivos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									
Óleo Residual/Sabões/Ácidos Graxos Livres	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000									

Tabela A.5: Vazões mássicas das correntes do processo de pré-tratamento de óleo ou gordura animal esterificação etílica. Elaboração própria a partir de (REIS, 2002; ZHANG *et al*, 2002, 2003a, 2003b; DUNCAN, 2003; CLEMENTS *et al*, 2004; CRAIG; GOEBEL; HAASE, 2004; RADICH, 2004; GERPEN, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; MACEDO; NOGUEIRA 2005; PENTEADO, 2005; HAAS *et al*, 2006; UCHIMURA, 2006).

**Vazões Mássicas das Correntes do Processo de Pré - Tratamento de Óleo ou Gordura Animal
Esterificação Etílica (unidades em Kg /H)**

Corrente	052	053	054	055	056	057	058	059	060	061	062	063	064	065	066
Óleo Bruto - Ácidos Graxos Livres (>4,5%)	9.491,59149	0,00000	9.491,59149	0,00000	0,00000	7.242,08431	7.242,08431	7.242,08431	7.014,28611	0,00000	7.014,28611	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Água	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	21,68701	0,00000	0,00000	3,23548	0,00000	3,23548	0,00000	0,00000	3,23548	0,00000
Etanol	0,00000	1.481,17792	0,00000	1.224,11398	257,06394	1.203,71208	0,00000	0,00000	254,17105	0,00000	254,17105	0,00000	0,00000	254,17105	0,00000
Ácido Clorídrico	0,00000	0,00000	0,00000	0,31388	0,06591	0,00942	0,00000	0,00000	0,00198	0,00000	0,00198	0,00000	0,00000	0,00198	0,00000
Etilenoglicol	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Hidróxido de Sódio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Cloreto de Sódio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Óleo Tratado - 0,5% de Ácidos Graxos Livres	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	9.491,59149	9.491,59149	0,00000	0,00000
Biodiesel	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2.249,50718	2.249,50718	2.249,50718	2.477,30538	0,00000	2.477,30538	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Glicerina	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,04943	0,04943	0,00000	0,00000	0,04943	0,00000

Corrente	067	068	069	070	071	072	073	074							
Óleo Bruto - Ácidos Graxos Livres (>4,5%)	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Água	21,68701	23,69905	0,00000	24,94637	24,94637	0,00000	1,24732	0,00000							
Etanol	1.203,71208	1.457,88313	0,00000	1.457,88313	1.457,88313	0,00000	0,00000	0,00000							
Ácido Clorídrico	0,00942	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,37979							
Etilenoglicol	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Hidróxido de Sódio	0,00000	0,00000	0,01249	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Cloreto de Sódio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,01826	0,00000	0,00000							
Óleo Tratado - 0,5% de Ácidos Graxos Livres	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Biodiesel	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Glicerina	0,00000	0,00000	0,00000	0,04943	0,04943	0,00000	0,04943	0,00000							

Tabela A.6: Vazões volumétricas das correntes do processo de pré-tratamento de óleo ou gordura animal esterificação etílica. Elaboração própria a partir de (REIS, 2002; ZHANG *et al*, 2002, 2003a, 2003b; DUNCAN, 2003; CLEMENTS *et al*, 2004; CRAIG; GOEBEL; HAASE, 2004; RADICH, 2004; GERPEN, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; MACEDO; NOGUEIRA 2005; PENTEADO, 2005; HAAS *et al*, 2006; UCHIMURA, 2006).

Vazões Volumétricas das Correntes do Processo de Pré - Tratamento de Óleo ou Gordura Animal

Esterificação Etílica (unidades em m³/h)

Corrente	052	053	054	055	056	057	058	059	060	061	062	063	064	065	066
Oleo Bruto - Ácidos Graxos Livres (>4,5%)	10,54621	0,00000	10,54621	0,00000	0,00000	8,04676	8,04676	8,04676	7,79365	0,00000	7,79365	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Água	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,02169	0,00000	0,00000	0,00324	0,00000	0,00324	0,00000	0,00000	0,00324	0,00000
Etanol	0,00000	1,87491	0,00000	1,54951	0,32540	1,52369	0,00000	0,00000	0,32174	0,00000	0,32174	0,00000	0,00000	0,32174	0,00000
Ácido Clorídrico	0,00000	0,00000	0,00000	0,00027	0,00006	0,00001	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Etilenoglicol	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Hidróxido de Sódio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Cloro de Sódio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Oleo Tratado - 0,5% de Ácidos Graxos Livres	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	10,54621	10,54621	0,00000	0,00000
Biodiesel	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,49945	2,49945	2,49945	2,75256	0,00000	2,75256	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Glicerina	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00004	0,00004	0,00000	0,00000	0,00004	0,00000

Corrente	067	068	069	070	071	072	073	074							
Oleo Bruto - Ácidos Graxos Livres (>4,5%)	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Água	0,02169	0,02370	0,00000	0,02495	0,02495	0,00000	0,00125	0,00000							
Etanol	1,52369	1,84542	0,00000	1,84542	1,84542	0,00000	0,00000	0,00000							
Ácido Clorídrico	0,00001	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00032							
Etilenoglicol	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Hidróxido de Sódio	0,00000	0,00000	0,00001	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Cloro de Sódio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00002	0,00000	0,00000							
Oleo Tratado - 0,5% de Ácidos Graxos Livres	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Biodiesel	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Glicerina	0,00000	0,00000	0,00000	0,00004	0,00004	0,00000	0,00004	0,00000							

Tabela A.7: Vazões mássicas das correntes do processo de pré-tratamento de óleo ou gordura animal esterificação metílica. Elaboração própria a partir de (REIS, 2002; ZHANG *et al*, 2002, 2003a, 2003b; DUNCAN, 2003; CLEMENTS *et al*, 2004; CRAIG; GOEBEL; HAASE, 2004; RADICH, 2004; GERPEN, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; MACEDO; NOGUEIRA 2005; PENTEADO, 2005; HAAS *et al*, 2006; UCHIMURA, 2006).

**Vazões Mássicas das Correntes do Processo de Pré - Trata mento de Óleo ou Gordura Aminoal
Esterificação Metílica (unidades em Kg/h)**

Corrente	052	053	054	055	056	057	058	059	060	061	062	063	064	065	066
Óleo Bruto - Ácidos Graxos Livres (>4,5%)	4.745,79574	0,00000	4.745,79574	0,00000	0,00000	3.621,04215	3.621,04215	3.621,04215	3.507,14306	0,00000	3.507,14306	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Água	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	8,09913	0,00000	0,00000	1,91218	0,00000	1,91218	0,00000	0,00000	1,91218	9,53343
Etanol	0,00000	113,93676	0,00000	94,16261	19,77415	87,10042	0,00000	0,00000	18,29109	0,00000	18,29109	0,00000	0,00000	18,29109	105,39151
Ácido Clorídrico	0,00000	0,00000	0,00000	0,15694	0,03296	0,00471	0,00000	0,00000	0,00099	0,00000	0,00099	0,00000	0,00000	0,00099	0,00000
Etilenoglicol	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Hidróxido de Sódio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Cloreto de Sódio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Óleo Tratado - 0,5% de Ácidos Graxos Livres	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	4.745,79574	4.745,79574	0,00000	0,00000
Biodiesel	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	1.124,75359	1.124,75359	1.124,75359	1.238,65269	0,00000	1.238,65269	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Glicerina	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,02471	0,02471	0,00000	0,00000	0,02471	0,00000

Corrente	067	068	069	070	071	072	073	074							
Óleo Bruto - Ácidos Graxos Livres (>4,5%)	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Água	8,09913	0,00000	0,00000	10,03519	10,03519	0,00000	0,50176	0,00000							
Etanol	87,10042	0,00000	0,00000	105,39151	105,39151	0,00000	0,00000	0,00000							
Ácido Clorídrico	0,00471	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,18989							
Etilenoglicol	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Hidróxido de Sódio	0,00000	0,00000	0,00624	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Cloreto de Sódio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00913	0,00000	0,00000							
Óleo Tratado - 0,5% de Ácidos Graxos Livres	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Biodiesel	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000							
Glicerina	0,00000	0,00000	0,00000	0,02471	0,02471	0,00000	0,02471	0,00000							

Tabela A.8: Vazões volumétricas das correntes do processo de pré-tratamento de óleo ou gordura animal esterificação metílica. Elaboração própria a partir de (REIS, 2002; ZHANG *et al*, 2002, 2003a, 2003b; DUNCAN, 2003; CLEMENTS *et al*, 2004; CRAIG; GOEBEL; HAASE, 2004; RADICH, 2004; GERPEN, 2005; KNOTHE *et al*, 2005a; MACEDO; NOGUEIRA 2005; PENTEADO, 2005; HAAS *et al*, 2006; UCHIMURA, 2006).

**Vazões Volumétricas das Correntes do Processo de Pré - Tratamento de Óleo ou Gordura Aminal
Esterificação Metílica (unidades em m³/h)**

Corrente	052	053	054	055	056	057	058	059	060	061	062	063	064	065	066
Oleo Bruto - Ácidos Graxos Livres (>4,5%)	5,27311	0,00000	5,27311	0,00000	0,00000	4,02338	4,02338	4,02338	3,89683	0,00000	3,89683	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Água	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00810	0,00000	0,00000	0,00191	0,00000	0,00191	0,00000	0,00000	0,00191	0,00953
Etanol	0,00000	0,14422	0,00000	0,11919	0,02503	0,11025	0,00000	0,00000	0,02315	0,00000	0,02315	0,00000	0,00000	0,02315	0,13341
Ácido Clorídrico	0,00000	0,00000	0,00000	0,00013	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Etilenoglicol	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Hidróxido de Sódio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Cloreto de Sódio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Oleo Tratado - 0,5% de Ácidos Graxos Livres	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	5,27311	5,27311	0,00000	0,00000
Biodiesel	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	1,24973	1,24973	1,24973	1,37628	0,00000	1,37628	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Glicerina	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00002	0,00002	0,00000	0,00000	0,00002	0,00000

Corrente	067	068	069	070	071	072	073	074	067	068	069	070	071	072	073
Oleo Bruto - Ácidos Graxos Livres (>4,5%)	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Água	0,00810	0,00000	0,00000	0,01004	0,01004	0,00000	0,00050	0,00000	0,00810	0,00000	0,00000	0,01004	0,01004	0,00000	0,00050
Etanol	0,11025	0,00000	0,00000	0,13341	0,13341	0,00000	0,00000	0,00000	0,11025	0,00000	0,00000	0,13341	0,13341	0,00000	0,00000
Ácido Clorídrico	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00016	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Etilenoglicol	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Hidróxido de Sódio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Cloreto de Sódio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00001	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00001	0,00000
Oleo Tratado - 0,5% de Ácidos Graxos Livres	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Biodiesel	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Glicerina	0,00000	0,00000	0,00000	0,00002	0,00002	0,00000	0,00002	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00002	0,00002	0,00000	0,00002

ANEXO-B: DADOS, PARÂMETROS UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DO MODELO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DE UMA PLANTA INDUSTRIAL PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo.

Item	CÉLULA	FÓRMULA
1	B52	=B3
2	B53	=B4
3	B54	=B5
4	B55	=B6
5	B56	=B7
6	B79	=SOMA(B64:B78)
7	B89	=SOMA(B83:B88)
8	B94	=C83+C84+B85
9	B95	=SOMA(B93:B94)
10	B97	=B79+B89+B95
11	B105	=SOMA(B101:B103)
12	B109	=B105-B97
13	B111	=B109*(1-(B12+B13))*(1-B15)*(1-B21)*(1-B18)
14	B113	=B111
15	B115	=B113+C113+D113+E113+F113+G113+H113+I113+J113+K113+L113
16	B119	=B3
17	B120	=B4
18	B121	=B5
19	B122	=B6
20	B123	=B7
21	B126	=B10
22	B127	=B11
23	B128	=B12
24	B129	=B13
25	B130	=B14
26	B131	=B15
27	B132	=B16
28	B133	=B17
29	B134	=B18
30	B135	=B19
31	B136	=B20
32	B137	=B21
33	B138	=RiskTriang(B22*0,8; B22; B22*1; RiskName("Fator de Produção da Planta (FPP)"))
34	B139	=RiskTriang(1; B23; B23*1,5; RiskName("Dólar"))
35	B140	=B24
36	B141	=B25
37	B142	=B26
38	B168	=B119
39	B169	=B120
40	B170	=B121
41	B171	=B122
42	B172	=B123
43	B195	=SOMA(B180:B194)
44	B201	=B85
45	B205	=SOMA(B199:B204)
46	B209	=RiskNormal(50331510; 1800000; RiskName("Construção das Instalações e Compra dos Equipamentos"))
47	B210	=C199+C200+B201
48	B211	=SOMA(B209:B210)
49	B213	=B195+B205+B211

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
50	B221	=SOMA(B217:B219)
51	B225	=B221-B213
52	B227	=B225*(1-(B128+B129))*(1-B131)*(1-B137)*(1-B134)
53	B229	=B227
54	B231	=RiskOutput("VALOR PRESENTE LÍQUIDO") + B229+C229+D229+E229+F229+G229+H229+I229+J229+K229+L229
55	C64	=\$C\$29*(\$B\$22*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$8/1000)
56	C65	=\$C\$30*(\$B\$22*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$8/1000)
57	C66	=\$C\$31*(\$B\$22*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$8/1000)
58	C67	=\$C\$32*(\$B\$22*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$8/1000)
59	C68	=\$C\$33*(\$B\$22*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$8/1000)
60	C69	=\$C\$34*(\$B\$22*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$8/1000)
61	C70	=\$D\$35*(\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$10+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$10)/1000)
62	C71	=\$D\$36*(\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$10+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$10)/1000)
63	C72	=\$D\$37*(\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$9/1000))
64	C73	=\$D\$38*(\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$11+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$11)/1000)
65	C74	=SE(\$C\$70=0;0;\$D\$39*(\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$12/1000+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$12/1000)))
66	C75	=\$D\$40*(\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$13+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$13)/1000)
67	C76	=\$D\$41*(\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$14/1000))
68	C77	=SE(\$C\$70=0;\$D\$42*(\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$F\$15/1000+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$M\$15/1000));\$D\$42*(\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$D\$15/1000+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$K\$15/1000)))
69	C78	=SE(\$C\$70=0;\$D\$43*(\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$16/1000+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$M\$15/1000));\$D\$43*(\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$16/1000+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$16/1000)))
70	C79	=SOMA(C64:C78)
71	C85	=\$B\$85*(1+\$B\$25)^C59
72	C86	=0,1*\$B\$93
73	C87	=0,1*(SOMA(C64:C78))
74	C88	=C79*0,15
75	C89	=SOMA(C83:C88)
76	C93	=\$B\$93*B24/(1-(1+B24)^(-10))
77	C94	=\$B\$94*B24/(1-(1+B24)^(-10))
78	C95	=SOMA(C93:C94)
79	C97	=C79+C89+C95
80	C101	=B22*\$F\$46*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000)
81	C102	=SE(C70=0;B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
82	C103	=SE(C70=0;B22*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B22*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000))
83	C105	=SOMA(C101:C103)
84	C109	=C105-C97
85	C111	=C101/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(C102+C103)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20))-C97
86		
87	C113	=C111/((1+B24)^C59)
88	C145	=(C29/2)*B139
89	C146	=(C30/2)*B139
90	C147	=(C31/2)*B139
91	C148	=(C32/2)*B139
92	C149	=(C33/2)*B139
93	C150	=C34
94	C151	=(C35/2)*B139
95	C152	=(C36/2)*B139
96	C153	=C37
97	C154	=(C38/2)*B139
98	C155	=(C39/2)*B139
99	C156	=(C40/2)*B139

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
100	C157	=C41
101	C158	=C42
102	C159	=(C43/2)*B139
103	C162	=(E162-D162)/E162
104	C180	=RiskTriang(\$C\$145*1; \$C\$145; \$C\$145*1,5; RiskName("Óleo de Soja"))*((\$B\$22*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$8/1000))
105	C181	=RiskTriang(\$C\$146*1; \$C\$146; \$C\$146*1,5; RiskName("Óleo de Mamona"))*((\$B\$22*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$8/1000))
106	C182	=RiskTriang(\$C\$147*1; \$C\$147; \$C\$147*1,5; RiskName("Óleo de Girassol"))*((\$B\$22*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$8/1000))
107	C183	=RiskTriang(\$C\$148*1; \$C\$148; \$C\$148*1,5; RiskName("Óleo de Dendê"))*((\$B\$22*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$8/1000))
108	C184	=RiskTriang(\$C\$149*1; \$C\$149; \$C\$149*1,5; RiskName("Óleo de Canola"))*((\$B\$22*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$8/1000))
109	C185	=RiskTriang(\$C\$150*1; \$C\$150; \$C\$150*1,5; RiskName("Sebo Bovino"))*((\$B\$22*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$8/1000))
110	C186	=RiskTriang(\$D\$151*1; \$D\$151; \$D\$151*1,5; RiskName("Etanol"))*((\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$10+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$10)/1000))
111	C187	=RiskTriang(\$D\$152*1; \$D\$152; \$D\$152*1,5; RiskName("Metanol"))*((\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$10+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$10)/1000))
112	C188	=RiskTriang(\$D\$153*0,8; \$D\$153; \$D\$153*1,2; RiskName("Água"))*((\$B\$22*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$9/1000))
113	C189	=RiskTriang(\$D\$154*0,8; \$D\$154; \$D\$154*1,2; RiskName("Ácido Clorídrico"))*((\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$11+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$11)/1000))
114	C190	=SE(\$C\$70=0;0;RiskTriang(\$D\$155*0,8; \$D\$155; \$D\$155*1,2; RiskName("Etilenoglicol"))*((\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$12/1000+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$12/1000)))
115	C191	=RiskTriang(\$D\$156*0,8; \$D\$156; \$D\$156*1,2; RiskName("Hidróxido de Sódio"))*((\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$13+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$13)/1000))
116	C192	=RiskTriang(\$D\$157*0,8; \$D\$157; \$D\$157*1,2; RiskName("Aditivos"))*((\$B\$22*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$14/1000))
117	C193	=SE(\$C\$70=0;RiskTriang(\$D\$158*1; \$D\$158; \$D\$158*1,2; RiskName("Energia"))*((\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$M\$15/1000));RiskTriang(\$D\$158*1; \$D\$158; \$D\$158*1,2; RiskName("Energia"))*((\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$D\$15/1000+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$K\$15/1000)))
118	C194	=SE(\$C\$70=0;RiskTriang(\$D\$159*1; \$D\$159; \$D\$159*1,2; RiskName("Gás Natural"))*((\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$16/1000+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$M\$15/1000));RiskTriang(\$D\$159*1; \$D\$159; \$D\$159*1,2; RiskName("Gás Natural"))*((\$B\$22*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$16/1000+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$16/1000)))
119	C195	=SOMA(C180:C194)
120	C199	=C83
121	C200	=C84
122	C201	=C85
123	C202	=0,1*\$B\$209
124	C203	=0,1*(SOMA(C180:C194))
125	C204	=C195*0,15
126	C205	=SOMA(C199:C204)
127	C209	=\$B\$93*B140/(1-(1+B140)^(-10))
128	C210	=\$B\$94*B140/(1-(1+B140)^(-10))
129	C211	=SOMA(C209:C210)
130	C213	=C195+C205+C211
131	C217	=B138*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
132	C218	=SE(C186=0;B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
133	C219	=SE(C186=0;B138*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B138*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
134	C221	=SOMA(C217:C219)
135	C225	=C221-C213
136	C227	=C217/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(C218+C219)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20))-C213
137	C229	=C227/((1+B140)^C175)
138	D29	=C29*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B15)
139	D30	=C30*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B1521)
140	D31	=C31*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B15)
141	D32	=C32*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B15)
142	D33	=C33*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B15)
143	D34	=C34*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B15)
144	D35	=C35*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B15)
145	D36	=C36*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B1521)
146	D37	=C37*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B15)
147	D38	=C38*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B15)
148	D39	=C39*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B1521)
149	D40	=C40*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B1521)

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
150	D41	=C41*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B15)
151	D42	=C42*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B15)
152	D43	=C43*(1+(B12+B13))*(1+B18)*(1+B15)
153	D46	=(C79+D89)/("TABELA DE DADOS DA PLANTA"!\$C\$8/1000) - SE(\$C\$35=0;\$E\$47*"TABELA DE DADOS DA PLANTA"!\$G\$21+"TABELA DE DADOS DA PLANTA"!\$G\$23*"FLUXO DE CAIXA - GERAL"!\$E\$48;\$E\$47*"TABELA DE DADOS DA PLANTA"!\$A\$21+"TABELA DE DADOS DA PLANTA"!\$A\$23*"FLUXO DE CAIXA - GERAL"!\$E\$48)
154	D64	=C64
155	D65	=C65
156	D66	=C66
157	D67	=C67
158	D68	=C68
159	D69	=C69
160	D70	=C70
161	D71	=C71
162	D72	=C72
163	D73	=C73
164	D74	=C74
165	D75	=C75
166	D76	=C76
167	D77	=C77
168	D78	=C78
169	D79	=SOMA(D64:D78)
170	D83	=\$C\$83*(1+B26)^(D59-1)
171	D84	=\$C\$84*(1+B26)^(D59-1)
172	D85	=\$B\$85*(1+\$B\$25)^D59
173	D86	=0,1*\$B\$93
174	D87	=0,1*(SOMA(D64:D78))
175	D88	=D79*0,15
176	D89	=SOMA(D83:D88)
177	D93	=\$B\$93*B24/(1-(1+B24)^(-10))
178	D94	=\$B\$94*B24/(1-(1+B24)^(-10))
179	D95	=SOMA(D93:D94)
180	D97	=D79+D89+D95
181	D101	=B22*\$F\$46*"TABELA DE DADOS DA PLANTA"!\$C\$20/1000
182	D102	=SE(D70=0;B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA"!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA"!\$L\$14/1000);B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA"!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA"!\$J\$14/1000))
183	D103	=SE(D70=0;B22*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA"!\$E\$23/1000);B22*\$F\$48*"TABELA DE DADOS DA PLANTA"!\$C\$23/1000)
184	D105	=SOMA(D101:D103)
185	D109	=D105-D97
186	D111	=D101/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(D102+D103)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20))-D97
187	D113	=D111/((1+B24)^D59)
188		
189	D145	=C145*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B131)
190	D146	=C146*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B1636)
191	D147	=C147*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B131)
192	D148	=C148*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B131)
193	D149	=C149*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B131)
194	D150	=C150*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B131)
195	D151	=C151*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B131)
196	D152	=C152*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B1636)
197	D153	=C153*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B131)
198	D154	=C154*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B131)
199	-	-

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
200	D155	=C155*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B1636)
201	D156	=C156*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B1636)
202	D157	=C157*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B131)
203	D158	=C158*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B131)
204	D159	=C159*(1+(B128+B129))*(1+B134)*(1+B131)
205	D162	=RiskOutput("Biodiesel - Custo de Produção") + (C195+D205)/(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$8/1000) - SE(C151=0;E163*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$G\$21+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$G\$23*FLUXO DE CAIXA - GERAL!E164;E163*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$A\$21+TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$A\$23*FLUXO DE CAIXA - GERAL!E164)
206	D180	=C180
207	D181	=C181
208	D182	=C182
209	D183	=C183
210	D184	=C184
211		
212	D185	=C185
213	D186	=C186
214	D187	=C187
215	D188	=C188
216	D189	=C189
217	D190	=C190
218	D191	=C191
219	D192	=C192
220	D193	=C193
221	D194	=C194
222	D195	=SOMA(D180:D194)
223	D199	=RiskNormal(2119700; 70000; RiskName("Mão-de-Obra (Operação, Manutenção e Supervisão)"))*(1+\$B\$142)^(D175-1)
224	D200	=RiskNormal(321300; 10000; RiskName("Manutenção"))*(1+\$B\$142)^(D175-1)
225	D201	=RiskNormal(262500; 8500; RiskName("Despesas Administrativas"))*(1+\$B\$25)^(D175)
226	D202	=RiskIntUniform(1; 8; RiskShift(C202); RiskName("Depreciação"))
227	D203	=RiskIntUniform(1; 8; RiskShift(C203))
228	D204	=RiskIntUniform(1; 8; RiskShift(C204))
229	D205	=SOMA(D199:D204)
230	D209	=\$B\$93*B140/(1-(1+B140)^(-10))
231	D210	=\$B\$94*B140/(1-(1+B140)^(-10))
232	D211	=SOMA(D209:D210)
233	D213	=D195+D205+D211
234	D217	=B138*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
235	D218	=SE(D186=0;B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
236	D219	=SE(D186=0;B138*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B138*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
237	D221	=SOMA(D217:D219)
238	D225	=D221-D213
239	D227	=D217/((1+\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20))+((D218+D219)/((1+\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20)))-D213
240	D229	=D227/((1+B140)^D175)
241	E46	=D46/(1-C46)
242	E48	=(1200/2)*B23
243	E64	=D64
244	E65	=D65
245	E66	=D66
246	E67	=D67
247	E68	=D68
248	E69	=D69
249	E70	=D70

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
250	E71	=D71
251	E72	=D72
252	E73	=D73
253	E74	=D74
254	E75	=D75
255	E76	=D76
256	E77	=D77
257	E78	=D78
258	E79	=SOMA(E64:E78)
259	E83	=\$C\$83*(1+B26)^(E59-1)
260	E84	=\$C\$84*(1+B26)^(E59-1)
261	E85	=\$B\$85*(1+\$B\$25)^E59
262	E86	=0,1*\$B\$93
263	E87	=0,1*(SOMA(E64:E78))
264	E88	=E79^0,15
265	E89	=SOMA(E83:E88)
266	E93	=\$B\$93*B24/(1-(1+B24)^(-10))
267	E94	=\$B\$94*B24/(1-(1+B24)^(-10))
268	E95	=SOMA(E93:E94)
269	E97	=E79+E89+E95
270	E101	=B22*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
271	E102	=SE(E70=0;B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
272	E103	=SE(E70=0;B22*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B22*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000))
273	E105	=SOMA(E101:E103)
274	E109	=E105-E97
275	E111	=E101/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(E102+E103)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20))-E97
276	E113	=E111/((1+B24)^E59)
277		
278	E162	=E46
279	E163	=RiskGamma(1,2; 171,1; RiskShift(240); RiskName("Glicerina "))
280	E164	=RiskGamma(1,2; 171,1; RiskShift(240); RiskName("Ácidos Graxos e Sabões / Preço de Venda Líquido Unitário"))
281	E180	=D180
282	E181	=D181
283	E182	=D182
284	E183	=D183
285	E184	=D184
286	E185	=D185
287	E186	=D186
288	E187	=D187
289	E188	=D188
290	E189	=D189
291	E190	=D190
292	E191	=D191
293	E192	=D192
294	E193	=D193
295	E194	=D194
296	E195	=SOMA(E180:E194)
297	E199	=\$D\$83*(1+\$B\$142)^(E175-1)/((1+\$B\$142)^(D\$175-1))
298	E200	=\$D\$84*(1+\$B\$142)^(E175-1)/((1+\$B\$142)^(D\$175-1))
299	E201	=\$D\$85*(1+\$B\$25)^E175/((1+\$B\$25)^(D\$175))

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
300	E202	=D\$202
301	E203	=D\$203
302	E204	=E\$203
303	E205	=SOMA(E199:E204)
304	E209	=B\$93*B140/(1-(1+B140)^(-10))
305	E210	=B\$94*B140/(1-(1+B140)^(-10))
306	E211	=SOMA(E209:E210)
307	E213	=E195+E205+E211
308	E217	=B138*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
309	E218	=SE(E186=0;B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
310	E219	=SE(E186=0;B138*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B138*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
311	E221	=SOMA(E217:E219)
312	E225	=E221-E213
313	E227	=E217/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(E218+E219)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20))-E213
314	E229	=E227/((1+B140)^E175)
315	F46	=E46*(1+(B10+B11))*(1+B16)*(1+B18)
316	F47	=E47*(1+9,25%)*(1+B15)*(1+B18)
317	F48	=E48*(1+9,25%)*(1+B15)*(1+B18)
318	F64	=E64
319	F65	=E65
320	F66	=E66
321	F67	=E67
322	F68	=E68
323	F69	=E69
324	F70	=E70
325	F71	=E71
326	F72	=E72
327	F73	=E73
328	F74	=E74
329	F75	=E75
330	F76	=E76
331	F77	=E77
332	F78	=E78
333	F79	=SOMA(F64:F78)
334	F83	=C\$83*(1+B26)^(F59-1)
335	F84	=C\$84*(1+B26)^(F59-1)
336	F85	=B\$85*(1+\$B\$25)^F59
337	F86	=0,1*\$B\$93
338	F87	=0,1*(SOMA(F64:F78))
339	F88	=F79*0,15
340	F89	=SOMA(F83:F88)
341	F93	=B\$93*B24/(1-(1+B24)^(-10))
342	F94	=B\$94*B24/(1-(1+B24)^(-10))
343	F95	=SOMA(F93:F94)
344	F97	=F79+F89+F95
345	F101	=B22*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
346	F102	=SE(F70=0;B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
347	F103	=SE(F70=0;B22*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B22*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
348	F105	=SOMA(F101:F103)

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
349	F109	=F105-F97
350	F111	=F101/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(F102+F103)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20))-F97
351	F113	=F111/((1+B24)^F59)
352	F162	=F46
353	F163	=E163*(1+9,25%)*(1+B131)*(1+B134)
354	F164	=E164*(1+9,25%)*(1+B131)*(1+B134)
355	F180	=E180
356	F181	=E181
357	F183	=E182
358	F184	=E183
359	F185	=E184
360		=E185
361	F186	=E186
362	F187	=E187
363	F188	=E188
364	F189	=E189
365	F190	=E190
366	F191	=E191
367	F192	=E192
368	F193	=E193
369	F194	=E194
370	F195	=SOMA(F180:F194)
371	F199	=\$D\$83*(1+\$B\$142)^(F175-1)/((1+\$B\$142)^(D\$175-1))
372	F200	=\$D\$84*(1+\$B\$142)^(F175-1)/((1+\$B\$142)^(D\$175-1))
373	F201	=\$D\$85*(1+\$B\$25)^F175/((1+\$B\$25)^(D\$175))
374	F202	=\$D\$202
375	F203	=\$D\$203
376	F204	=\$E\$203
377	F205	=SOMA(F199:F204)
378	F209	=\$B\$93*B140/(1-(1+B140)^(-10))
379	F210	=\$B\$94*B140/(1-(1+B140)^(-10))
380	F211	=SOMA(F209:F210)
381	F213	=F195+F205+F211
382	F217	=B138*\$F\$46*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
383	F218	=SE(F186=0;B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
384	F219	=SE(F186=0;B138*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B138*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000))
385	F221	=SOMA(F217:F219)
386	F225	=F221-F213
387	F227	=F217/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(F218+F219)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20))-F213
388	F229	=F227/((1+B140)^F175)
389	G64	=F64
390	G65	=F65
391	G66	=F66
392	G67	=F67
393	G68	=F68
394	G69	=F69
395	G70	=F70
396	G71	=F71
397	G72	=F72
398	G73	=F73

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
399	G74	=F74
400	G75	=F75
401	G76	=F76
402	G77	=F77
403	G78	=F78
404	G79	=SOMA(G64:G78)
405	G83	=C\$83*(1+B26)^(G59-1)
406	G84	=C\$84*(1+B26)^(G59-1)
407	G85	=B\$85*(1+B\$25)^G59
408	G86	=0,1*B\$93
409	G87	=0,1*(SOMA(G64:G78))
410	G88	=G79^0,15
411	G89	=SOMA(G83:G88)
412	G93	=B\$93*B24/((1-(1+B24)^(-10)))
413	G94	=B\$94*B24/((1-(1+B24)^(-10)))
414	G95	=SOMA(G93:G94)
415	G97	=G79+G89+G95
416	G101	=B22*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
417	G102	=SE(G70=0;B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
418	G103	=SE(G70=0;B22*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B22*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
419	G105	=SOMA(G101:G103)
420	G109	=G105-G97
421	G111	=G101/((1+(B\$10+B\$11)*(1+B\$16)*(1-B\$20)))+(G102+G103)/((1+(B\$12+B\$13)*(1+B\$15)*(1-B\$20))-G97
422	G113	=G111/((1+B24)^G59)
423	G180	=F180
424	G181	=F181
425	G182	=F182
426	G183	=F183
427	G184	=F184
428	G185	=F185
429	G186	=F186
430	G187	=F187
431	G188	=F188
432	G189	=F189
433	G190	=F190
434	G191	=F191
435	G192	=F192
436	G193	=F193
437	G194	=F194
438	G195	=SOMA(G180:G194)
439	G199	=D\$83*(1+B\$142)^(G175-1)/((1+B\$142)^(D\$175-1))
440	G200	=D\$84*(1+B\$142)^(G175-1)/((1+B\$142)^(D\$175-1))
441	G201	=D\$85*(1+B\$25)^G175/((1+B\$25)^D\$175)
442	G202	=D\$202
443	G203	=D\$203
444	G204	=E\$203
445	G205	=SOMA(G199:G204)
446	G209	=B\$93*B140/((1-(1+B140)^(-10)))
447	G210	=B\$94*B140/((1-(1+B140)^(-10)))
448	G211	=SOMA(G209:G210)

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
449	G213	=G195+G205+G211
450	G217	=B138*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
451	G218	=SE(G186=0;B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
452	G219	=SE(G186=0;B138*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B138*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
453	G221	=SOMA(G217;G219)
454	G225	=G221-G213
455	G227	=G217/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(G218+G219)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20)))-G213
456	G229	=G227/((1+B140)^G175)
457	H64	=G64
458	H65	=G65
459	H66	=G66
460	H67	=G67
461	H68	=G68
462	H69	=G69
463	H70	=G70
464	H71	=G71
465	H72	=G72
466	H73	=G73
467	H74	=G74
468	H75	=G75
469	H76	=G76
470	H77	=G77
471	H78	=G78
472	H79	=SOMA(H64:H78)
473	H83	=\$C\$83*(1+B26)^(H59-1)
474	H84	=\$C\$84*(1+B26)^(H59-1)
475	H85	=\$B\$85*(1+\$B\$25)^H59
476	H86	=0,1*\$B\$93
477	H87	=0,1*(SOMA(H64:H78))
478	H88	=H79^0,15
479	H89	=SOMA(H83:H88)
480	H93	=\$B\$93*B24/(1-(1+B24)^(-10))
481	H94	=\$B\$94*B24/(1-(1+B24)^(-10))
482	H95	=SOMA(H93:H94)
483	H97	=H79+H89+H95
484	H101	=B22*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
485	H102	=SE(H70=0;B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
486	H103	=SE(H70=0;B22*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B22*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
487	H105	=SOMA(H101:H103)
488	H109	=H105-H97
489	H111	=H101/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(H102+H103)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20)))-H97
490	H113	=H111/((1+B24)^H59)
491	H180	=G180
492	H181	=G181
493	H182	=G182
494	H183	=G183
495	H184	=G184
496	H185	=G185
497	H186	=G186
498	H187	=G187

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
475	H188	=G188
476	H189	=G189
477	H190	=G190
478	H191	=G191
479	H192	=G192
480	H193	=G193
481	H194	=G194
482	H195	=SOMA(H180:H194)
483	H199	=\$D\$83*(1+\$B\$142)^(H175-1)/((1+\$B\$142)^(D\$175-1))
484	H200	=\$D\$84*(1+\$B\$142)^(H175-1)/((1+\$B\$142)^(D\$175-1))
485	H201	=\$D\$85*(1+\$B\$25)^H175/((1+\$B\$25)^D\$175)
486	H202	=\$D\$202
487	H203	=\$D\$203
488	H204	=\$E\$203
489	H205	=SOMA(H199:H204)
490	H209	=\$B\$93*B140/(1-(1+B140)^(-10))
491	H210	=\$B\$94*B140/(1-(1+B140)^(-10))
492	H211	=SOMA(H209:H210)
493	H213	=H195+H205+H211
494	H217	=B138*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
495	H218	=SE(H186=0;B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
496	H219	=SE(H186=0;B138*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B138*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
497	H221	=SOMA(H217:H219)
498	H225	=H221-H213
499	H227	=H217/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)^(1-\$B\$20)))+(H218+H219)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)^(1+\$B\$15)^(1-\$B\$20)))-H213
500	H229	=H227/((1+B140)^H175)
501	I64	=H64
502	I65	=H65
503	I66	=H66
504	I67	=H67
505	I68	=H68
506	I69	=H69
507	I70	=H70
508	I71	=H71
509	I72	=H72
510	I73	=H73
511	I74	=H74
512	I75	=H75
513	I76	=H76
514	I77	=H77
515	I78	=H78
516	I79	=SOMA(I64:I78)
517	I83	=\$C\$83*(1+B26)^(I59-1)
518	I84	=\$C\$84*(1+B26)^(I59-1)
519	I85	=\$B\$85*(1+\$B\$25)^I59
520	I86	=0,1*\$B\$93
521	I87	=0,1*(SOMA(I64:I78))
522	I88	=I79^0,15
523	I89	=SOMA(I83:I88)
524	I93	=\$B\$93*B24/(1-(1+B24)^(-10))

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
525	I94	=B\$94*B24/(1-(1+B24)^(-10))
526	I95	=SOMA(I93:I94)
527	I97	=I79+I89+I95
528	I101	=B22*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
529	I102	=SE(I70=0;B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
530	I103	=SE(I70=0;B22*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B22*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
531	I105	=SOMA(I101:I103)
532	I109	=I105-I97
533	I111	=I101/((1+(B\$10+B\$11)*(1+B\$16)*(1-B\$20)))+(I102+I103)/((1+(B\$12+B\$13)*(1+B\$15)*(1-B\$20)))-I97
534	I113	=I111/((1+B24)^I59)
535	I180	=H180
536	I181	=H181
537	I182	=H182
538	I183	=H183
539	I184	=H184
540	I185	=H185
541	I186	=H186
542	I187	=H187
543	I188	=H188
544	I189	=H189
545	I190	=H190
546	I191	=H191
547	I192	=H192
548	I193	=H193
549	I194	=H194
550	I195	=SOMA(I180:I194)
551	I199	=D\$83*(1+B\$142)^(I175-1)/((1+B\$142)^(D\$175-1))
552	I200	=D\$84*(1+B\$142)^(I175-1)/((1+B\$142)^(D\$175-1))
553	I201	=D\$85*(1+B\$25)^I175/((1+B\$25)^D\$175)
554	I202	=D\$202
555	I203	=D\$203
556	I204	=E\$203
557	I205	=SOMA(I199:I204)
558	I209	=B\$93*B140/(1-(1+B140)^(-10))
559	I210	=B\$94*B140/(1-(1+B140)^(-10))
560	I211	=SOMA(I209:I210)
561	I213	=I195+I205+I211
562	I217	=B138*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
563	I218	=SE(I186=0;B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
564	I219	=SE(I186=0;B138*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B138*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
565	I221	=SOMA(I217:I219)
566	I225	=I221-I213
567	I227	=I217/((1+(B\$10+B\$11)*(1+B\$16)*(1-B\$20)))+(I218+I219)/((1+(B\$12+B\$13)*(1+B\$15)*(1-B\$20)))-I213
568	I229	=I227/((1+B140)^I175)
569	J64	=I64
570	J65	=I65
571	J66	=I66
572	J67	=I67
573	J68	=I68
574	J69	=I69

Tabela.B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
576	J70	=I70
577	J71	=I71
578	J72	=I72
579	J73	=I73
580	J74	=I74
581	J75	=I75
582	J76	=I76
583	J77	=I77
584	J78	=I78
585	J79	=SOMA(J64:J78)
586	J83	=\$C\$83*(1+B26)^(J59-1)
587	J84	=\$C\$84*(1+B26)^(J59-1)
588	J85	=\$B\$85*(1+\$B\$25)^J59
589	J86	=0,1*\$B\$93
590	J87	=0,1*(SOMA(J64:J78))
591	J88	=J79*0,15
592	J89	=SOMA(J83:J88)
593	J93	=\$B\$93*B24/(1-(1+B24)^(-10))
594	J94	=\$B\$94*B24/(1-(1+B24)^(-10))
595	J95	=SOMA(J93:J94)
596	J97	=J79+J89+J95
597	J101	=B22*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
598	J102	=SE(J70=0;B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
599	J103	=SE(J70=0;B22*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B22*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
600	J105	=SOMA(J101:J103)
601	J109	=J105-J97
602	J111	=J101/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(J102+J103)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20))-J97
603	J113	=J111/((1+B24)^J59)
604	J180	=I180
605	J181	=I181
606	J182	=I182
607	J183	=I183
608	J184	=I184
609	J185	=I185
610	J186	=I186
611	J187	=I187
612	J188	=I188
613	J189	=I189
614	J190	=I190
615	J191	=I191
616	J192	=I192
617	J193	=I193
618	J194	=I194
619	J195	=SOMA(J180:J194)
620	J199	=\$D\$83*(1+\$B\$142)^(J175-1)/((1+\$B\$142)^(D\$175-1))
621	J200	=\$D\$84*(1+\$B\$142)^(J175-1)/((1+\$B\$142)^(D\$175-1))
622	J201	=\$D\$85*(1+\$B\$25)^J175/((1+\$B\$25)^D\$175)
623	J202	=\$D\$202
624	J203	=\$D\$203

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
625	J204	=E\$203
626	J205	=SOMA(J199:J204)
627	J209	=B\$93*B140/(1-(1+B140)^(-10))
628	J211	=SOMA(J209:J210)
629	J213	=J195+J205+J211
630	J217	=B138*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
631		
632	J218	=SE(J186=0;B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
633	J219	=SE(J186=0;B138*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B138*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
634	J221	=SOMA(J217:J219)
635	J225	=J221-J213
636	J227	=J217/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(J218+J219)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20))-J213
637	J229	=J227/((1+B140)^J175)
638	K64	=J64
639	K65	=J65
640	K66	=J66
641	K67	=J67
642	K68	=J68
643	K69	=J69
644	K70	=J70
645	K71	=J71
646	K72	=J72
647	K73	=J73
648	K74	=J74
649	K75	=J75
650	K76	=J76
651	K77	=J77
652	K78	=J78
653	K79	=SOMA(K64:K78)
654	K83	=C\$83*(1+B26)^(K59-1)
655	K84	=C\$84*(1+B26)^(K59-1)
656	K85	=B\$85*(1+\$B\$25)^K59
657	K86	=0,1*B\$93
658	K87	=0,1*(SOMA(K64:K78))
659	K88	=K79^0,15
660	K89	=SOMA(K83:K88)
661	K93	=B\$93*B24/(1-(1+B24)^(-10))
662	K94	=B\$94*B24/(1-(1+B24)^(-10))
663	K95	=SOMA(K93:K94)
664	K97	=K79+K89+K95
665	K101	=B22*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
666	K102	=SE(K70=0;B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
667	K103	=SE(K70=0;B22*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B22*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
668	K105	=SOMA(K101:K103)
669	K109	=K105-K97
670	K111	=K101/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(K102+K103)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20))-K97
671	K113	=K111/((1+B24)^K59)
672	K180	=J180
673	K181	=J181
674	K182	=J182

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
675	K183	=J183
676	K184	=J184
677	K185	=J185
678	K186	=J186
679	K187	=J187
680	K188	=J188
681	K189	=J189
682	K190	=J190
683	K191	=J191
684	K192	=J192
685	K193	=J193
686	K194	=J194
687	K195	=SOMA(K180:K194)
688	K199	=\$D\$83*(1+\$B\$142)^(K175-1)/((1+\$B\$142)^(D\$175-1))
689	K200	=\$D\$84*(1+\$B\$142)^(K175-1)/((1+\$B\$142)^(D\$175-1))
690	K201	=\$D\$85*(1+\$B\$25)^K175/((1+\$B\$25)^D\$175)
691	K202	=\$D\$202
692	K203	=\$D\$203
693	K204	=\$E\$203
694	K205	=SOMA(K199:K204)
695	K209	=\$B\$93*B140/(1-(1+B140)^(-10))
696	K210	=\$B\$94*B140/(1-(1+B140)^(-10))
697	K211	=SOMA(K209:K210)
698	K213	=K195+K205+K211
699	K217	=B138*\$F\$46*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000)
700	K218	=SE(K186=0;B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
701	K219	=SE(K186=0;B138*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B138*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000))
702	K221	=SOMA(K217:K219)
703	K225	=K221-K213
704	K227	=K217/((1+\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)^(1-\$B\$20))+K218+K219/((1+\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)^(1-\$B\$20))-K213
705	K229	=K227/((1+B140)^K175)
706	L64	=K64
707	L65	=K65
708	L66	=K66
709	L67	=K67
710	L68	=K68
711	L69	=K69
712	L70	=K70
713	L71	=K71
714	L72	=K72
715	L73	=K73
716	L74	=K74
717	L75	=K75
718	L76	=K76
719	L77	=K77
720	L78	=K78
721	L79	=SOMA(L64:L78)
722	L83	=\$C\$83*(1+B26)^(L59-1)
723	L84	=\$C\$84*(1+B26)^(L59-1)
724	L85	=\$B\$85*(1+\$B\$25)^L59

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
725	L86	=0,1*\$B\$93
726	L87	=0,1*(SOMA(L64:L78))
727	L88	=L79*0,15
728	L89	=SOMA(L83:L88)
729	L93	=\$B\$93*B24/(1-(1+B24)^(-10))
730	L94	=\$B\$94*B24/(1-(1+B24)^(-10))
731	L95	=SOMA(L93:L94)
732	L97	=L79+L89+L95
733	L101	=B22*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
734	L102	=SE(L70=0;B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
735	L103	=SE(L70=0;B22*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B22*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
736	L105	=SOMA(L101:L103)
737	L109	=L105-L97
738	L111	=L101/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(L102+L103)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20)))-L97
739	L113	=L111/((1+B24)^L59)
740	L180	=K180
741	L181	=K181
742	L182	=K182
743	L183	=K183
744	L184	=K184
745	L185	=K185
746	L186	=K186
747	L187	=K187
748	L188	=K188
749	L189	=K189
750	L190	=K190
751	L191	=K191
752	L192	=K192
753	L193	=K193
754	L194	=K194
755	L195	=SOMA(L180:L194)
756	L199	=\$D\$83*(1+\$B\$142)^(L175-1)/((1+\$B\$142)^(D\$175-1))
757	L200	=\$D\$84*(1+\$B\$142)^(L175-1)/((1+\$B\$142)^(D\$175-1))
758	L201	=\$D\$85*(1+\$B\$25)^L175/((1+\$B\$25)^(D\$175))
759	L202	=\$D\$202
760	L203	=\$D\$203
761	L204	=\$E\$203
762	L205	=SOMA(L199:L204)
763	L209	=\$B\$93*B140/(1-(1+B140)^(-10))
764	L210	=\$B\$94*B140/(1-(1+B140)^(-10))
765	L211	=SOMA(L209:L210)
766	L213	=L195+L205+L211
767	L217	=B138*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
768	L218	=SE(L186=0;B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
769	L219	=SE(L186=0;B138*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B138*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
770	L221	=SOMA(L217:L219)
771	L225	=L221-L213
772	L227	=L217/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(L218+L219)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20)))-L213
773	L229	=L227/((1+B140)^L175)
774	M64	=L64

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
775	M65	=L65
776	M66	=L66
777	M67	=L67
778	M68	=L68
779	M69	=L69
780	M70	=L70
781	M71	=L71
782	M72	=L72
783	M73	=L73
784	M74	=L74
785	M75	=L75
786	M76	=L76
787	M77	=L77
788	M78	=L78
789	M79	=SOMA(M64:M78)
790	M83	=\$C\$83*(1+B26)^(M59-1)
791	M84	=\$C\$84*(1+B26)^(M59-1)
792	M85	=\$B\$85*(1+\$B\$25)^M59
793	M87	=0,1*(SOMA(M64:M78))
794	M88	=M79^0,15
795	M89	=SOMA(M83:M88)
796	M95	=SOMA(M93:M94)
797	M97	=M79+M89+M95
798	M101	=B22*\$F\$46**TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
799	M102	=SE(M70'=0;B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-[Modelo de Análise para a Produção de Biodiesel-Cenário-XX-rEVISÃO-1.xls]TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B22*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
800	M103	=SE(M70'=0;B22*\$F\$48*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B22*\$F\$48*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000)
801	M105	=SOMA(M101:M103)
802	M109	=M105-M97
803	M111	=M101/((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(M102+M103)/((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20))-M97
804	M113	=M111/((1+B24)^M59)
805	M180	=L180
806	M181	=L181
807	M182	=L182
808	M183	=L183
809	M184	=L184
810	M185	=L185
811	M186	=L186
812	M187	=L187
813	M188	=L188
814	M189	=L189
815	M190	=L190
816	M191	=L191
817	M192	=L192
818	M193	=L193
819	M194	=L194
820	M195	=SOMA(M180:M194)
821	M199	=\$D\$83*(1+\$B\$142)^(M175-1)/((1+\$B\$142)^(D\$175-1))
822	M200	=\$D\$84*(1+\$B\$142)^(M175-1)/((1+\$B\$142)^(D\$175-1))
823	M201	=\$D\$85*(1+\$B\$25)^M175/((1+\$B\$25)^D\$175)
824	M203	=\$D\$203

Tabela B.1: Memorial de cálculo do modelo (continuação).

Item	CÉLULA	FÓRMULA
825	M204	=\$E\$203
826	M205	=SOMA(M199:M204)
827	M209	0,00
828	M210	0,00
829	M211	=SOMA(M209:M210)
830	M213	=M195+M205+M211
831	M217	=B138*\$F\$46*TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$20/1000
832	M218	=SE(M186=0;B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$L\$14/1000);B138*\$F\$47*(TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$21/1000-TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$J\$14/1000))
833	M219	=SE(M186=0;B138*\$F\$48*([Modelo de Análise para a Produção de Biodiesel-Cenário-XX-rEVISÃO-1.xls]TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$E\$23/1000);B138*\$F\$48*([Modelo de Análise para a Produção de Biodiesel-Cenário-XX-rEVISÃO-1.xls]TABELA DE DADOS DA PLANTA!\$C\$23/1000))
834	M221	=SOMA(M217:M219)
835	M225	=M221-M213
836	M227	=M217/(((1+(\$B\$10+\$B\$11)*(1+\$B\$16)*(1-\$B\$20)))+(M218+M219)/(((1+(\$B\$12+\$B\$13)*(1+\$B\$15)*(1-\$B\$20)))-M213
837	M229	=M227/((1+B140)^M175)

Notas:

1- A tabela B.1 mostra o memorial de cálculo das planilhas apresentadas nas figuras B.1 e B.2. Estas últimas são a referência para o entendimento do formulário na medida que este é constituído pela identificação das células das planilhas eletrônicas geradas no software *Excel*. Com esta informação é possível a análise e reprodução do modelo pelo leitor.

Exemplo de utilização do memorial de cálculo:

No item 860 da tabela B.1, a célula "M193" é expressa pela fórmula "=SOMA(M178:M192)". Consultando as figuras B.1 e B.2 identifica-se que a célula M193 representa o custo total de matérias-primas no décimo primeiro período do fluxo de caixa. Este custo é calculado somando-se as células "M178" a "M192", sendo que cada uma destas células representam o custo das matérias primas envolvidas no processo.

2- As fórmulas referentes à matemática financeira foram elaboradas de acordo com Torres, 2006.

3- As fórmulas apresentadas com o termo "Risk" são específicas do software *@RISK*. Basicamente foram utilizados quatro tipos de algoritmos brevemente descritos abaixo (PALISADE, 2006):

a) Algoritmo de inserção de distribuição triangular

= Risk (valor mínimo, valor de referência, valor máximo; Riskname(nome da variável))

b) Algoritmo Fórmula de inserção de distribuição normal

= RiskNormal (média, desvio padrão; Riskname(nome da variável))

c) Algoritmo Fórmula de inserção de distribuição gama

= RiskGamma (alfa(parâmetro de forma), beta(parâmetro de escala)); Riskname(nome da variável))

d) Algoritmo Fórmula de inserção de variável de saída

= RiskOutput ("nome da variável") + "fórmula de cálculo da variável"

Tabela B.2: Custos dos equipamentos e construção da planta de biodiesel.

LISTA DE EQUIPAMENTOS					
Equipamento	Descrição / Função no Processo	Especificação Técnica Geral	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
T-001	Tanque para estoque de álcool (etanol ou metanol)	Tanque de aço carbono com DxH(16,00 x 10,00) - Capacidade de 2000 m3	5	288.000,00	1.440.000,00
T-002	Tanque para estoque de hidróxido de sódio	Tanque de aço carbono com DxH(16,00 x 10,00) - Capacidade de 2000 m3	1	288.000,00	288.000,00
T-003	Tanque com agitador para mistura de álcool e hidróxido de sódio	Tanque de aço carbono com agitador DxH (2,20 x 3,00) - Capacidade de 11 m3	1	90.000,00	90.000,00
T-004	Tanque para pré-aquecimento de óleo	Tanque de aço carbono com cintas de aquecimento DxH (2,20 x 3,00) - Capacidade de 11 m3	1	90.000,00	90.000,00
T-005	Tanque para recolhimento de mistura de glicerina, álcool, água e resíduos resultantes do processo	Tanque de aço carbono DxH (2,40 x 3,00) - Capacidade de 13 m3	1	98.000,00	98.000,00
T-006	Tanque de lavagem do biodiesel	Tanque de aço carbono com agitador DxH (2,30 x 3,00) - Capacidade de 12 m3	1	94.000,00	94.000,00
T-007	Tanque para estoque de água	Tanque de PVC DxH (4,50 x 10,00) - Capacidade de 160 m3	1	27.500,00	27.500,00
T-008	Tanque para estoque de ácido clorídrico	Tanque de aço inox revestido com fibra de vidro DxH (7,00 x 10,00) - Capacidade de 380 m3	1	588.000,00	588.000,00
T-009	Tanque para adição de aditivos ao biodiesel visando adequação das características (viscosidade, acidez etc) do produto, caso necessário.	Tanque de aço carbono com agitador DxH (2,20 x 3,00) - Capacidade de 11 m3	1	90.000,00	90.000,00
T-010	Tanque para recolhimento de mistura de glicerina, álcool, água e resíduos oriundos da centrífuga C-004	Tanque de aço carbono DxH (2,30 x 3,00) - Capacidade de 12 m3	1	89.000,00	89.000,00
T-011	Tanque para estoque de óleo	Tanque de aço carbono com DxH(16,00 x 10,00) - Capacidade de 2000 m3	4	288.000,00	1.152.000,00
T-012	Tanque para estoque de etilenoglicol	Tanque de aço carbono DxH (1,20 x 2,00) - Capacidade de 2,1 m3	1	32.000,00	32.000,00
T-013	Tanque para estoque de glicerina	Tanque de aço carbono com DxH(10,00 x 10,00) - Capacidade de 750 m3	1	127.500,00	127.500,00
T-014	Tanque para estoque de para ácidos graxos oriundos sabões formados no processo de transesterificação	Tanque de aço carbono com DxH(6,00 x 10,00) - Capacidade de 250 m3	1	69.200,00	69.200,00
T-015	Tanque para estoque de biodiesel	Tanque de aço carbono com DxH(16,00 x 10,00) - Capacidade de 2000 m3	4	288.000,00	1.152.000,00
T-016	Tanque para pré-aquecimento de óleo	Tanque de aço carbono com cintas de aquecimento DxH (2,20 x 3,00) - Capacidade de 11 m3	1	90.000,00	90.000,00
T-017	Tanque para mistura de ácido clorídrico e álcool	Tanque de aço carbono com agitador DxH (1,40 x 2,00) - Capacidade de 2 m3	1	32.000,00	32.000,00
T-018	Tanque para lavagem da mistura de biodiesel e óleo com glicerina	Tanque de aço carbono DxH (2,20 x 3,00) - Capacidade de 11 m3	1	85.000,00	85.000,00
T-019	Tanque para recolhimento de mistura de glicerina, álcool, ácido, água e resíduos oriundos das centrífugas C-005 e C-006	Tanque de aço carbono com agitador DxH (1,15 x 2,00) - Capacidade de 2 m3	1	32.000,00	32.000,00
R-001	Tanque para o primeiro estágio de reação de transesterificação	Tanque de aço inox com agitador e cintas de aquecimento DxH(2,90 x 3,00) - Capacidade de 20 m3	1	122.500,00	122.500,00
R-002	Tanque para o segundo estágio de reação de transesterificação	Tanque de aço inox com agitador e cintas de aquecimento DxH(2,30 x 3,00) - Capacidade de 12 m3	1	94.000,00	94.000,00
R-003	Tanque para o primeiro estágio de reação de esterificação	Tanque de aço inox com agitador e cintas de aquecimento DxH(2,40 x 3,00) - Capacidade de 13 m3	1	98.000,00	98.000,00
R-004	Tanque para o primeiro estágio de reação de esterificação	Tanque de aço inox com agitador e cintas de aquecimento DxH(2,20 x 3,00) - Capacidade de 11 m3	1	90.000,00	90.000,00
C-001	Centrífuga para separação de biodiesel e óleo oriundos do reator R-001, primeiro estágio de transesterificação.	Centrífuga em aço inox com vazão de 20-25 m3/hora	1	630.000,00	630.000,00
C-002	Centrífuga para separação de biodiesel e óleo oriundos do reator R-002, segundo estágio de transesterificação.	Centrífuga em aço inox com vazão de 15-20 m3/hora	1	622.000,00	622.000,00
C-003	Centrífuga para separação de biodiesel após etapa de lavagem	Centrífuga em aço inox com vazão de 15-20 m3/hora	1	656.000,00	656.000,00
C-004	Centrífuga para separação de óleos residuais do processo de transesterificação para a recuperação de glicerina, álcool e água	Centrífuga em aço inox com vazão de 15-20 m3/hora	1	348.000,00	348.000,00
C-005	Centrífuga para separação de biodiesel e óleo oriundos do reator R-003, primeiro estágio de esterificação.	Centrífuga em aço inox com vazão de 15-20 m3/hora	1	622.000,00	622.000,00
C-006	Centrífuga para separação de biodiesel e óleo oriundos do processo de lavagem.	Centrífuga em aço inox com vazão de 10-15 m3/hora	1	272.000,00	272.000,00
VC-001	Secador a vácuo para retirada de água residual no biodiesel	Secador a vácuo com vazão de 10-15m3/hora	1	150.750,00	150.750,00
D-001	Coluna de destilação para a separação de álcool, água e glicerina	Coluna de destilação com 7estágios DxH(1,20 x 10,00) - Vazão de 12 m3/h	1	131.670,00	131.670,00
D-002	Coluna de destilação para a separação de água e glicerina	Coluna de destilação com 7estágios DxH(1,20 x 10,00) - Vazão de 2 m3/h	1	119.700,00	119.700,00
D-003	Coluna de destilação para separação de etanol e água	Coluna de destilação com 7estágios DxH(1,40 x 10,00) - Vazão de 10 m3/h	1	280.800,00	280.800,00
D-004	Coluna de destilação para separação de álcool e etilenoglicol	Coluna de destilação com 7estágios DxH(1,40 x 10,00) - Vazão de 2 m3/h	1	234.000,00	234.000,00
D-005	Coluna de destilação para a separação de álcool, água e glicerina	Coluna de destilação com 7estágios DxH(0,70 x 10,00) - Vazão de 2 m3/h	1	234.000,00	234.000,00
D-006	Coluna de destilação para separação de álcool e etilenoglicol	Coluna de destilação com 7estágios DxH(1,40 x 10,00) - Vazão de 2 m3/h	1	234.000,00	234.000,00
-	Sistema de Caldeiras, Geração de Vapor e Trocadores de Calor(TC-001 a TC-010)	-	1	480.900,00	480.900,00
-	Torre de Resfriamento	-	1	365.400,00	365.400,00
-	Sistema de Automação e Controle / Instrumentação	-	1	1.850.000,00	1.850.000,00
-	Estação de Tratamentos de Efluentes	-	1	660.000,00	660.000,00
-	Terreno	-	1	3.000.000,00	3.000.000,00
-	Obras Cíveis (Limite de Bateria e Prédios Auxiliares)	-	1	6.600.000,00	6.600.000,00
-	Instalação e Montagem (Elétrica, Civil e Hidráulica)	-	1	27.923.840,00	27.923.840,00
TOTAL					50.331.510,00

CUSTOS FIXOS ANUAIS		
Item	Descrição	Custos (R\$)
1	Mão-de-Obra (Operação, Manutenção e Supervisão)	2.119.700,00
2	Manutenção	321.300,00
3	Despesas Administrativas /	262.500,00
4	Depreciação	5.033.151,00
TOTAL		7.736.651,00

Notas:

1- Todos os valores apresentados na tabela B.3 são baseados em cotações, estimativas, descritivos de plantas existentes e práticas comuns de mercado aplicadas no orçamento de obras civis, equipamentos, materiais e serviços (ULRICH, 84; ZHANG *et al*, 2003A, 2003b; BATISTELLA, 2006; HAAS *et al*, 2006; VECCHIO, 2006; AGROMETAL, 2007; FEPAME, 2007; PETROBIO, 2007).

2- Como citado no capítulo 5, o projeto da planta de produção de biodiesel proposto engloba apenas a engenharia básica do processo e, portanto, as especificações dos equipamentos permitem apenas um estimativa de custos dos equipamentos e a instalação dos mesmos. Desta forma custos de obras civis, instalações de equipamentos foram estimados baseados na experiência de mercado dos fornecedores consultados.

ANEXO-C: RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DOS CENÁRIOS ECONÔMICO-FINANCEIROS

Tabela C.1: Resultados de simulação – cenário-1.

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS			
CENÁRIO	1		
REGIÃO	NORTE		
TRANSERIFICAÇÃO ETILICA	ETILICA		
MATERIA-PRIMA	DEBENDE		
SELO COMBUSTIVEL SOCIAL	NÃO		
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS			
PIS (reduzido para biodiesel)	0,37%		
COFINS (reduzido para biodiesel)	1,71%		
PIS	1,65%		
COFINS	7,60%		
ICMS7	7,00%		
ICMS DO ESTADO	7,00%		
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	12,00%		
ICMS DE EMPRESAS COM INSCRIÇÃO ESTADUAL	0,00%		
CPMF	0,38%		
CIDE	0,00%		
IPI	0,00%		
Imposto de Venda (IR)	25,00%		
Fator de Produção da Planta (PPP)	100,00%		
Dólar	2,00		
Taxa de Juros (TJ)	11,00%		
Taxa de Resgate Despesas Administrativas	2,00%		
Taxa de Resgate (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)	8,00%		
Custo Líquido e Custos com Impostos			
Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Milho	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Canola	Tonelada	792,89	936,28
Óleo de Carambola	Tonelada	0,00	0,00
Sabo Bovino	Tonelada	0,00	0,00
Etilanol	Tonelada	1.849,27	2.169,98
Metanol	Tonelada	0,00	0,00
Água	Tonelada	9,57	11,23
Ácido Clorídrico	Tonelada	851,07	998,66
Etilenoglicol	Tonelada	6.265,65	6.871,45
Hidróxido de Sódio	Tonelada	726,28	798,65
Aditivos	Tonelada	500,00	586,71
Energia	MWh	214,55	251,76
Gás Natural	Tonelada	1.758,28	2.063,20
Margem de Lucro Desejada			
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.731,12
Glicerina	Tonelada	-	0,00
Ácidos Graxos/Sabões	Tonelada	-	0,00
Preço de Venda Líquido Unitário			Preço de Venda com Impostos Unitário
2.163,90			2.483,38
1.200,00			1.408,10
1.200,00			1.408,10

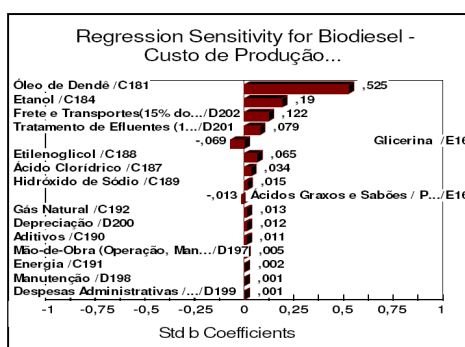
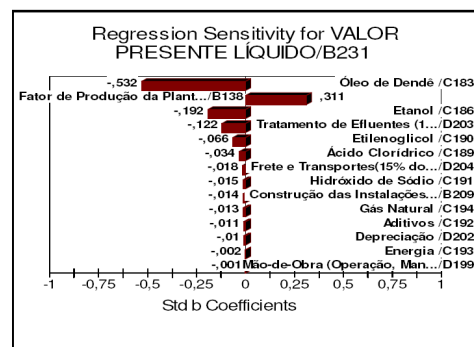
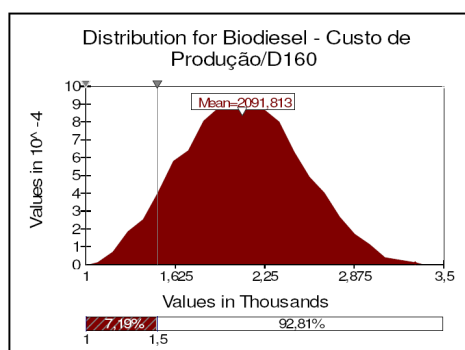
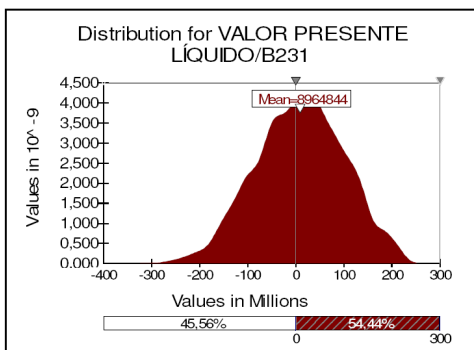
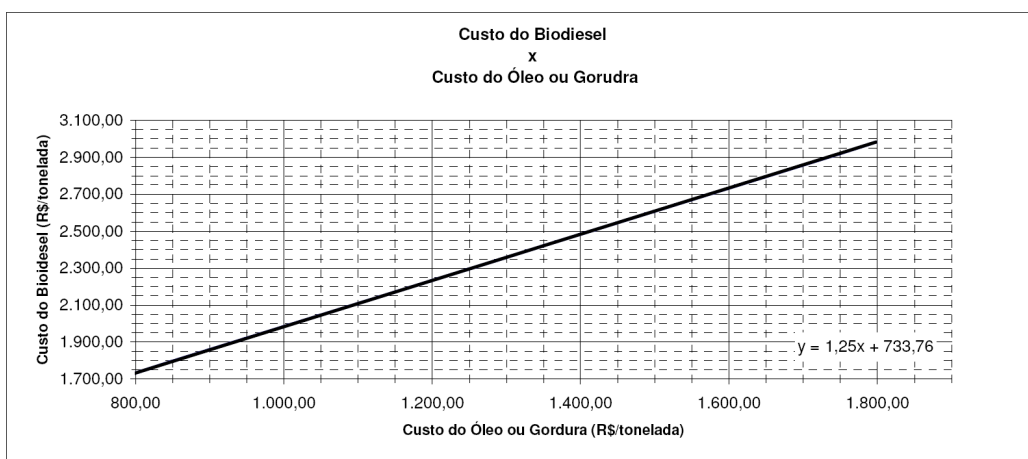
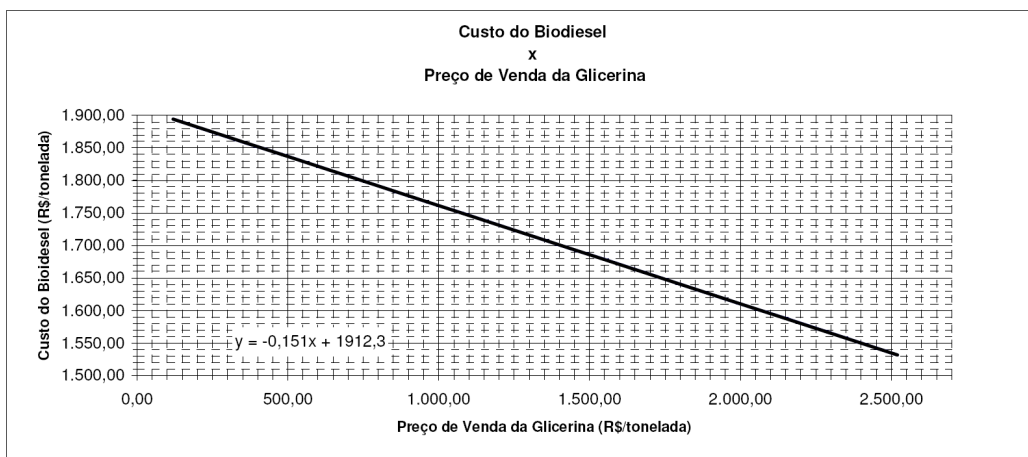


Figura C.1: Gráficos com resultados da simulação do cenário-1.

Tabela C.2: Resultados de simulação – cenário-2

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS					
CENÁRIO	2				
REGIÃO	NORTE				
TRANSESTERIFICAÇÃO	METILICA				
MATÉRIA-PRIMA	DIENDE				
SELO COMBUSTIVEL SOCIAL	NAO				
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS					
PIIS (reduzido para biodiesel)	0,37%				
COFINS (redução para biodiesel)	1,71%				
PIIS	1,85%				
COFINS	7,60%				
ICMS DO ESTADO	7,00%				
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	12,00%				
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	18,00%				
CPMF	0,30%				
CIQUE	0,00%				
IRPJ	0,00%				
Imposto de Renda (IR)	25,00%				
Fator de Produção da Planta (FPP)	100,00%				
Dólar	2,00				
Taxa de Juros (TJ)	11,00%				
Taxa de Requite Despesas Administrativas	2,00%				
Taxa de Requite (Custos de mão-de-obra, manutenção, ITR)	8,00%				
Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário		
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Canola	Tonelada	797,88	936,26		
Óleo de Ganolá	Tonelada	0,00	0,00		
Sabo Bóvino	Tonelada	0,00	0,00		
Etanol	Tonelada	0,00	0,00		
Métilanol	Tonelada	1,307,99	1,454,41		
Água	Tonelada	9,57	11,23		
Ácido Clorídrico	Tonelada	851,07	988,66		
Etenoglicol	Tonelada	0,00	0,00		
Hidróxido de Sódio	Tonelada	728,26	798,05		
Aditivos	Tonelada	500,00	586,71		
Energia	MWh	274,55	251,76		
Gás Natural	Tonelada	1,736,28	2,063,20		
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1,424,22	1,780,27	2,043,11
Glicerina	Tonelada	-	0,00	1,200,00	1,408,10
Ácidos Graxos Sábies	Tonelada	-	0,00	1,200,00	1,408,10

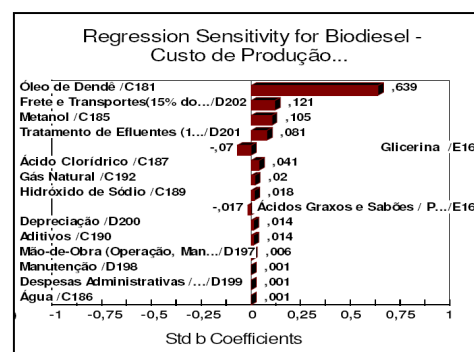
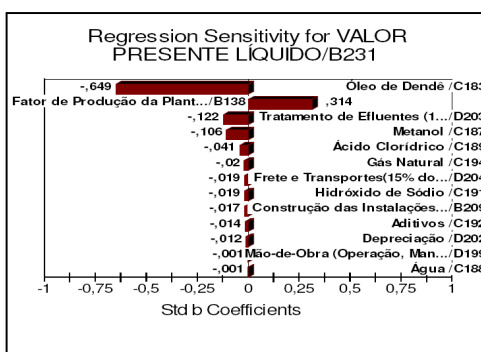
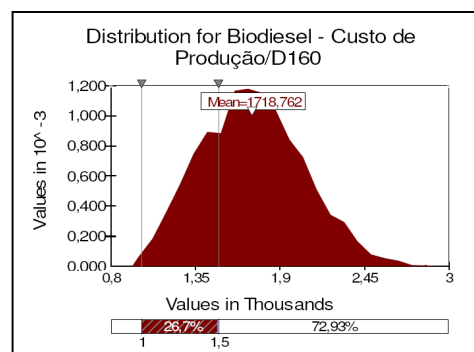
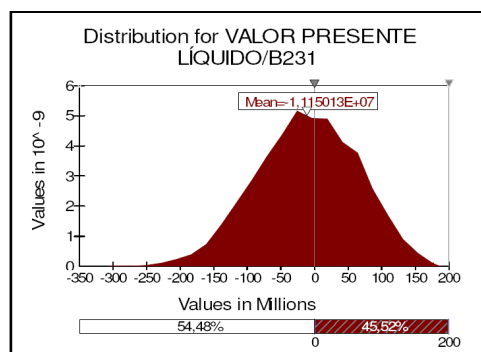
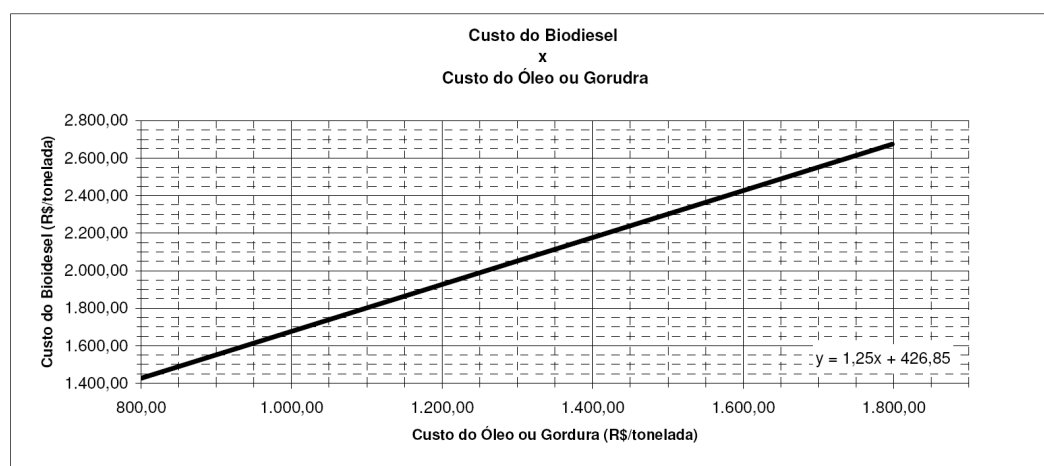
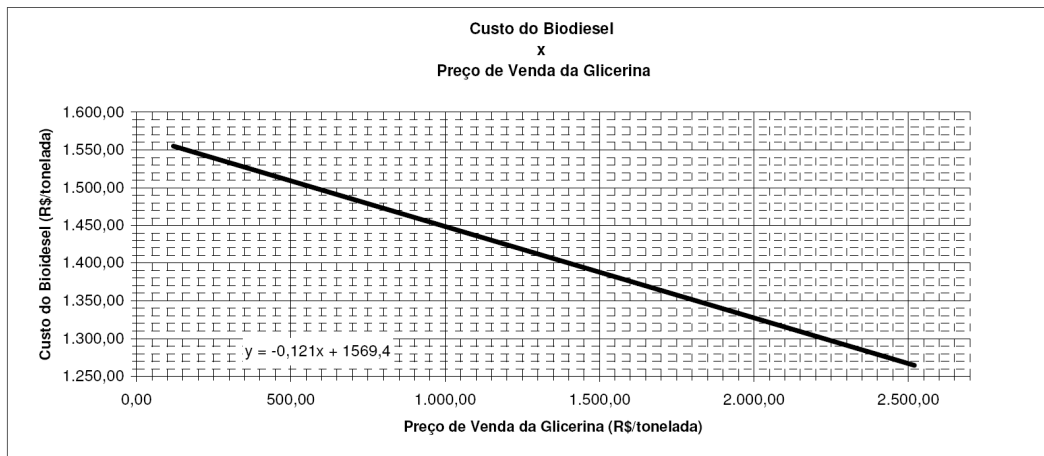


Figura C.2: Gráficos com resultados da simulação do cenário-2.

Tabela C.3: Resultados de simulação – cenário-3.

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS			
GENÉRIO	2		
REGIÃO	MORDESTE		
TRANSESTERIFICAÇÃO	ETILICA		
MATERIA-PRIMA	MAMONA		
SELO COMBUSTIVEL SOCIAL	NAO		
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS			
PIB (reduzido para biodiesel)	0,37%		
COFINS (reduzido para biodiesel)	1,71%		
PIB	1,85%		
COFINS	7,60%		
ICMS7	7,00%		
ICMS DO ESTADO	7,00%		
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	17,00%		
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	18,00%		
ICMS	0,00%		
ST/IE	0,00%		
IR	0,00%		
Imposto de Renda (IR)	25,00%		
Fator de Produção da Planta (FPF)	100,00%		
Dólar	2,00		
Taxa de Juros (TJ)	11,00%		
Taxa de Reajuste Despesas Administrativas	2,00%		
Taxa de Reajuste (Custos de mão-de-obra, manutenção), (TR)	8,00%		
Custo com Impostos			
Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Mamona	Tonelada	9407,44	1.031,888
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Beldibe	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Copra	Tonelada	0,00	0,00
Sapo Branco	Tonelada	0,00	0,00
Etnol	Tonelada	1.495,65	1.755,02
Melanol	Tonelada	0,00	0,00
Água	Tonelada	11,22	13,17
Ácido Clorídrico	Tonelada	723,41	848,88
Etenoglicol	Tonelada	5.225,97	6.040,73
Hidróxido de Sódio	Tonelada	619,02	678,65
Aditivos	Tonelada	500,00	586,71
Energia	MWh	206,14	241,89
Gás Natural	Tonelada	1.265,96	1.485,50
Margem de Lucro			
Produto	Unidade	Desajuda	Custo Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.793,79
Glicerina	Tonelada	-	0,00
Adios Graxos Sabões	Tonelada	-	0,00
			Preço de Venda Líquido Unitário
			2.242,24
			1.200,00
			1.200,00
			Preço de Venda com Impostos Unitário
			2.686,16
			1.406,10
			1.406,10

Tabela C.3: Resultados de simulação – cenário-3 (continuação).

FLUXO DE CAIXA		ANO												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
CENÁRIO		3												
REGIÃO		NORDESTE												
TRANSFORMAÇÃO		ETÍLICA												
MATERIA-PRIMA		MAMONA												
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL		NÃO												
CUSTOS														
Materias-Primas														
Óleo de Soja	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Óleo de Mamona	0,00	35.252.164,69	35.252.164,69	35.252.164,69	35.252.164,69	35.252.164,69	35.252.164,69	35.252.164,69	35.252.164,69	35.252.164,69	35.252.164,69	35.252.164,69	35.252.164,69	35.252.164,69
Óleo de Girassol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Óleo de Diesel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Óleo de Usina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sapo Borro	0,00	8.695.899,35	8.695.899,35	8.695.899,35	8.695.899,35	8.695.899,35	8.695.899,35	8.695.899,35	8.695.899,35	8.695.899,35	8.695.899,35	8.695.899,35	8.695.899,35	8.695.899,35
Enxofre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Melanol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	0,00	104.009,35	104.009,35	104.009,35	104.009,35	104.009,35	104.009,35	104.009,35	104.009,35	104.009,35	104.009,35	104.009,35	104.009,35	104.009,35
Ácido Clorídrico	0,00	1.968.185,51	1.968.185,51	1.968.185,51	1.968.185,51	1.968.185,51	1.968.185,51	1.968.185,51	1.968.185,51	1.968.185,51	1.968.185,51	1.968.185,51	1.968.185,51	1.968.185,51
EtilenoGlicol	0,00	3.804.331,85	3.804.331,85	3.804.331,85	3.804.331,85	3.804.331,85	3.804.331,85	3.804.331,85	3.804.331,85	3.804.331,85	3.804.331,85	3.804.331,85	3.804.331,85	3.804.331,85
Hidróxido de Sódio	0,00	876.813,41	876.813,41	876.813,41	876.813,41	876.813,41	876.813,41	876.813,41	876.813,41	876.813,41	876.813,41	876.813,41	876.813,41	876.813,41
Aditivos	0,00	2.066.200,36	2.066.200,36	2.066.200,36	2.066.200,36	2.066.200,36	2.066.200,36	2.066.200,36	2.066.200,36	2.066.200,36	2.066.200,36	2.066.200,36	2.066.200,36	2.066.200,36
Energia	0,00	528.283,83	528.283,83	528.283,83	528.283,83	528.283,83	528.283,83	528.283,83	528.283,83	528.283,83	528.283,83	528.283,83	528.283,83	528.283,83
Gás Natural	0,00	614.403,65	614.403,65	614.403,65	614.403,65	614.403,65	614.403,65	614.403,65	614.403,65	614.403,65	614.403,65	614.403,65	614.403,65	614.403,65
Total de Insumos	0,00	53.908.272,01	53.908.272,01	53.908.272,01	53.908.272,01	53.908.272,01	53.908.272,01	53.908.272,01	53.908.272,01	53.908.272,01	53.908.272,01	53.908.272,01	53.908.272,01	53.908.272,01
Planta Industrial														
Mão-de-Obra (Operação, Manutenção e Supervisão)	0,00	2.119.700,00	2.290.276,00	2.472.419,08	2.670.211,50	2.889.924,45	3.114.504,79	3.369.697,50	3.652.792,30	3.922.416,77	4.227.290,11	4.576.272,92	4.976.272,92	5.426.272,92
Manutenção	0,00	321.300,00	347.004,00	374.764,32	404.745,41	437.125,10	472.095,11	509.882,72	550.651,74	594.703,88	642.280,19	693.862,60	751.862,60	
Despesas Administrativas	262.500,00	267.750,00	273.000,00	278.250,00	284.189,44	289.824,21	295.617,64	301.590,09	307.760,59	313.711,80	319.968,04	326.885,76	334.000,00	
Depreciação	0,00	5.039.151,00	5.039.151,00	5.039.151,00	5.039.151,00	5.039.151,00	5.039.151,00	5.039.151,00	5.039.151,00	5.039.151,00	5.039.151,00	5.039.151,00	5.039.151,00	
Retorno de Efluentes (10% do total de matérias-primas)	0,00	5.390.827,20	5.390.827,20	5.390.827,20	5.390.827,20	5.390.827,20	5.390.827,20	5.390.827,20	5.390.827,20	5.390.827,20	5.390.827,20	5.390.827,20	5.390.827,20	
Frete e Transportes (15% do valor do produto)	0,00	8.088.240,80	8.088.240,80	8.088.240,80	8.088.240,80	8.088.240,80	8.088.240,80	8.088.240,80	8.088.240,80	8.088.240,80	8.088.240,80	8.088.240,80	8.088.240,80	
Total de Custos das Planta Industrial	262.500,00	21.218.569,00	21.419.604,00	21.835.968,50	21.889.314,44	22.120.992,77	22.392.468,47	22.685.309,21	23.001.224,63	23.342.051,45	23.709.775,33	19.073.889,69	19.073.889,69	
Custos de Capital														
Construção das Instalações e Compra dos Equipamentos	50.331.510,00	8.546.362,23	8.546.362,23	8.546.362,23	8.546.362,23	8.546.362,23	8.546.362,23	8.546.362,23	8.546.362,23	8.546.362,23	8.546.362,23	8.546.362,23	8.546.362,23	
Capital de Giro	2.703.500,00	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	
Total de Custo de Capital	53.035.010,00	9.005.420,38	9.005.420,38	9.005.420,38	9.005.420,38	9.005.420,38	9.005.420,38	9.005.420,38	9.005.420,38	9.005.420,38	9.005.420,38	9.005.420,38	9.005.420,38	
CUSTO TOTAL	53.297.510,00	84.132.661,40	84.533.296,40	84.549.660,90	84.783.066,83	85.034.886,16	85.308.158,87	85.599.001,61	85.914.917,03	86.255.743,94	86.623.467,79	72.961.861,69	72.961.861,69	
RECEITA BRUTA														
Biodiesel	0,00	104.135.285,48	104.135.285,48	104.135.285,48	104.135.285,48	104.135.285,48	104.135.285,48	104.135.285,48	104.135.285,48	104.135.285,48	104.135.285,48	104.135.285,48	104.135.285,48	
Glicerina	0,00	8.237.742,92	8.237.742,92	8.237.742,92	8.237.742,92	8.237.742,92	8.237.742,92	8.237.742,92	8.237.742,92	8.237.742,92	8.237.742,92	8.237.742,92	8.237.742,92	
Acidos Graxos Saturados	0,00	1.599.275,52	1.599.275,52	1.599.275,52	1.599.275,52	1.599.275,52	1.599.275,52	1.599.275,52	1.599.275,52	1.599.275,52	1.599.275,52	1.599.275,52	1.599.275,52	
RECEITA TOTAL	0,00	113.972.303,91	113.972.303,91	113.972.303,91	113.972.303,91	113.972.303,91	113.972.303,91	113.972.303,91	113.972.303,91	113.972.303,91	113.972.303,91	113.972.303,91	113.972.303,91	
LUCROS														
Lucro Bruto	-53.297.510,00	29.839.642,51	29.839.007,51	29.422.643,01	29.189.297,08	28.937.817,75	28.686.145,04	28.373.302,39	28.057.386,89	27.716.580,07	27.348.838,18	40.960.842,22	40.960.842,22	
Lucro Líquido (sem Impostos)	-33.008.128,47	26.479.680,54	26.279.045,54	26.062.861,04	25.829.395,11	25.577.655,76	25.308.183,07	25.013.340,33	24.697.424,91	24.356.598,10	23.988.874,21	37.600.880,23	37.600.880,23	
VALOR PRESENTE LÍQUIDO	117.091.167,49													

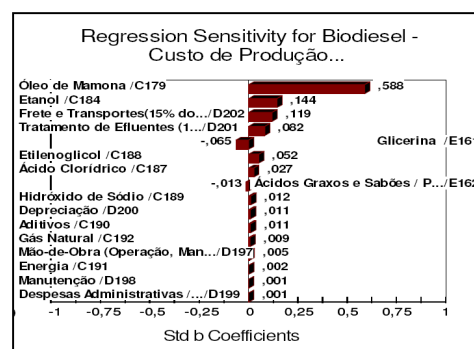
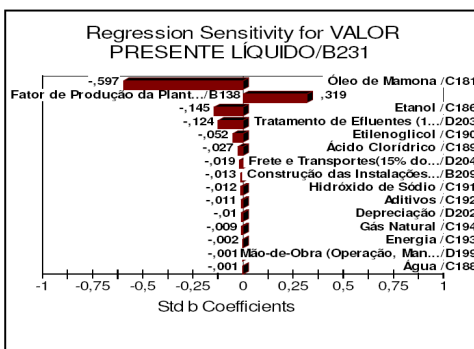
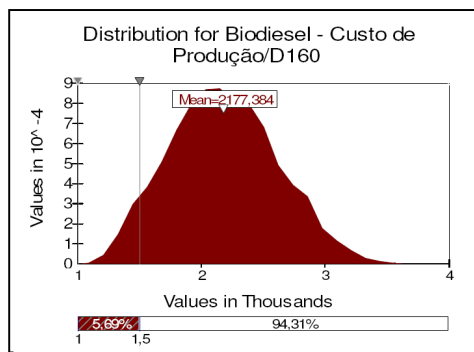
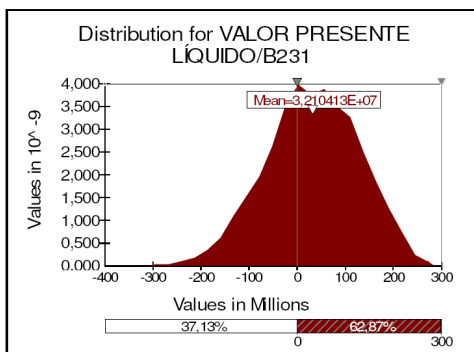
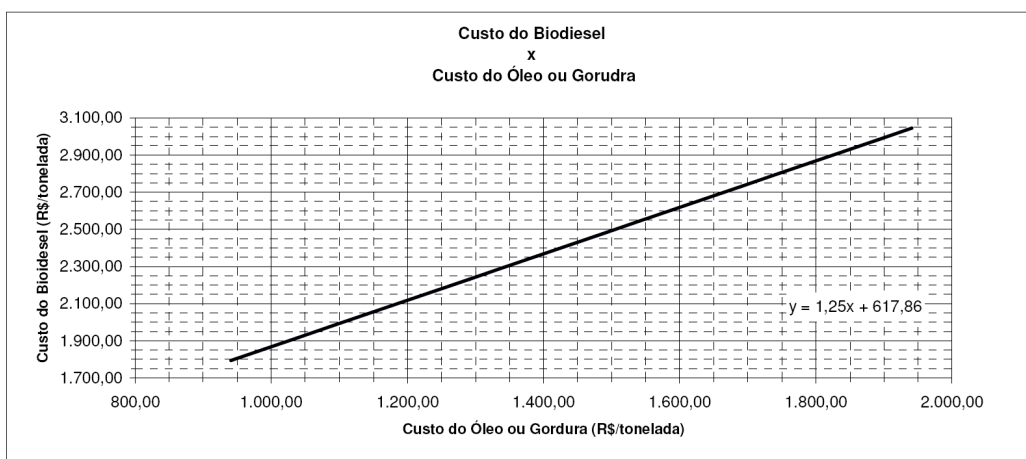
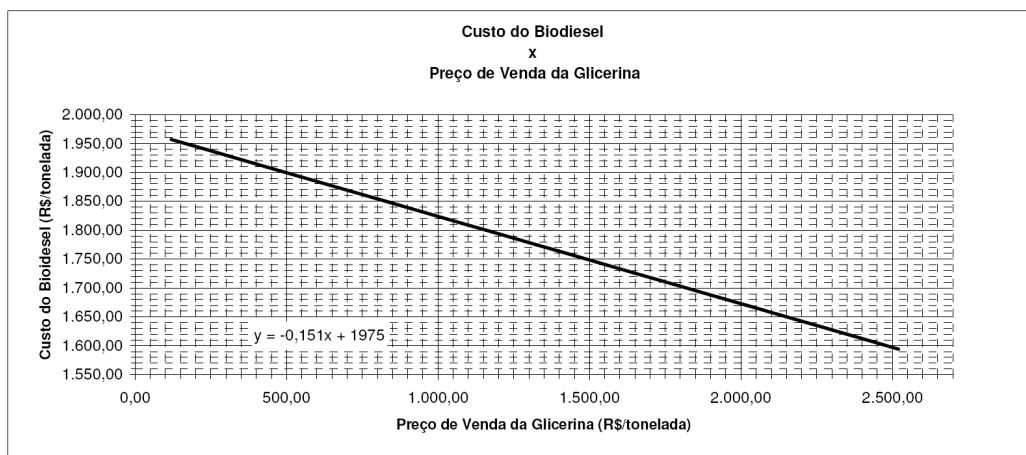


Figura C.3: Gráficos com resultados da simulação do cenário-3.

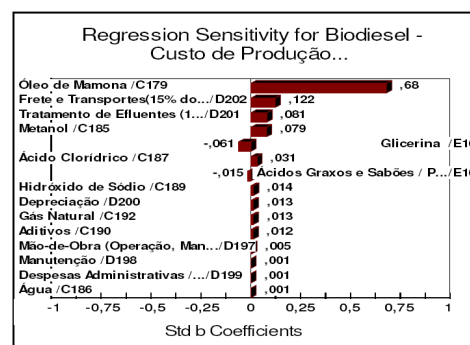
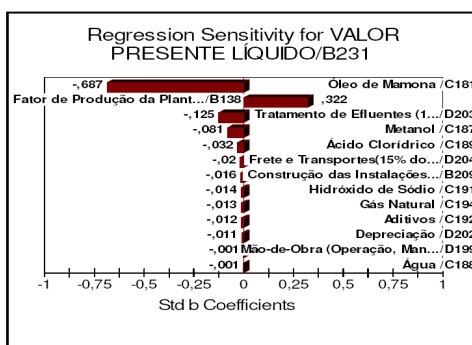
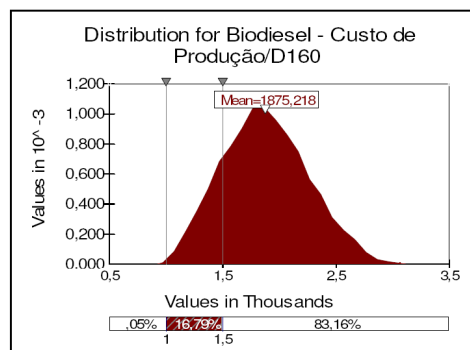
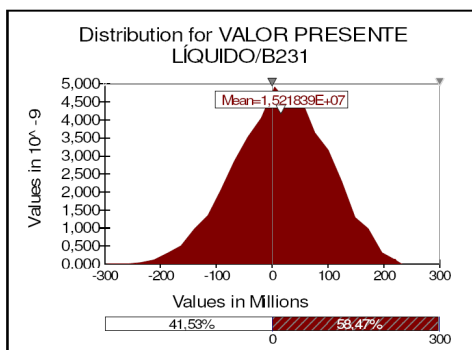
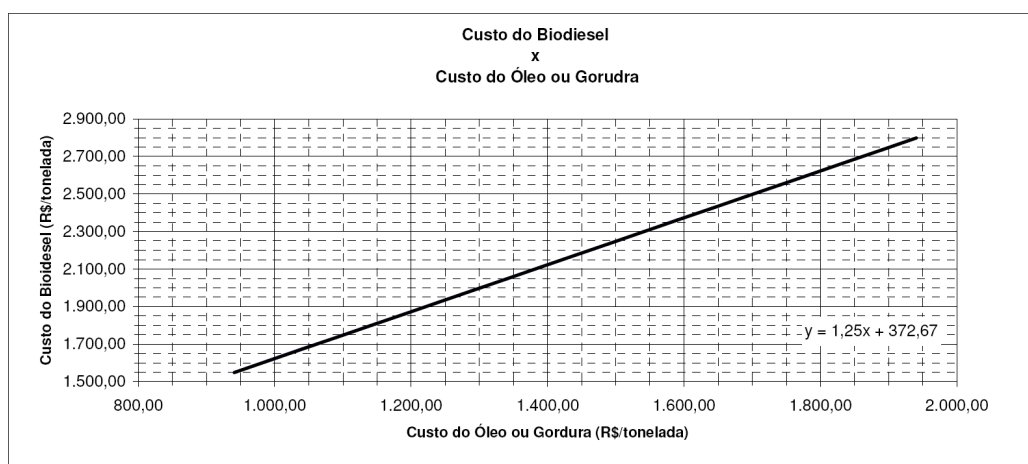
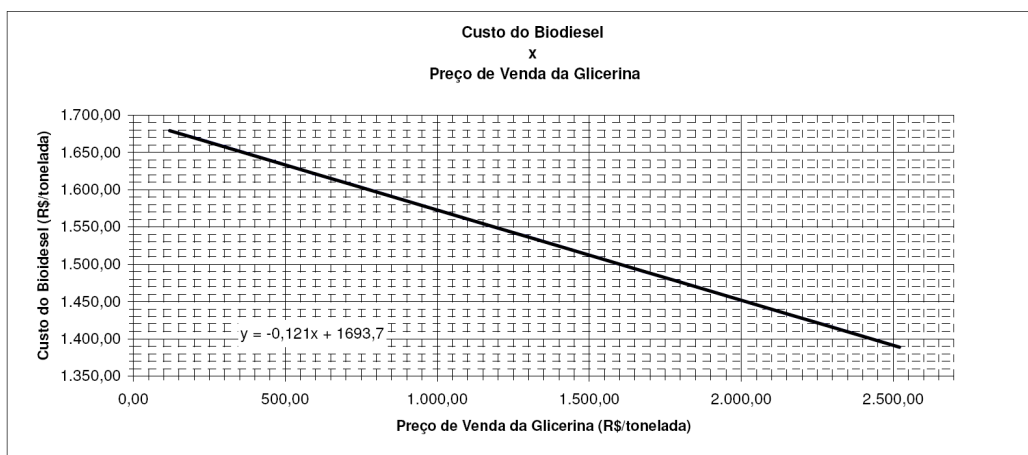


Figura C.4: Gráficos com resultados da simulação do cenário-4.

Tabela C.5: Resultados de simulação – cenário-5.

CENÁRIO		5
REGIÃO	NORDESTE	
TRANSFORMAÇÃO	ETANOL	
MATÉRIA-PRIMA	LENÇÓIS	
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	NAO	
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS		
PIS (reduzido para biodiesel)	0,37%	
COFINS (reduzido para biodiesel)	1,71%	
PIS	1,65%	
COFINS	7,60%	
ICMS7	7,00%	
ICMS DO ESTADO	7,00%	
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	12,00%	
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	13,00%	
ICMS7	0,37%	
COFINS	0,00%	
IRPJ	0,00%	
Imposto de Renda (IR)	25,00%	
Fator de Produção da Planta (FPP)	100,00%	
Dólar	2,70	
Taxa de Juros (TJ)	11,00%	
Taxa de Reajuste Despesas Administrativas	2,00%	
Taxa de Reajuste (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)	8,00%	
Custo Líquido		
Insutmo / Item de Custo	Unidade	Custo com Impostos Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	0,00
Óleo de Mirtil	Tonelada	0,00
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00
Óleo de dendê	Tonelada	936,26
Óleo de Canola	Tonelada	0,00
Suco de Bóvino	Tonelada	0,00
Etilanol	Tonelada	1.496,65
Miranol	Tonelada	0,00
Água	Tonelada	11,22
Ácido Clorídrico	Tonelada	723,41
Etilenoglicol	Tonelada	5.325,97
Hidróxido de Sódio	Tonelada	610,02
Aditivos	Tonelada	203,14
Matéria Prima	M³	201,59
Gás Natural	Tonelada	1.265,98
1.495,59		
Margem de Lucro Desejada		
Produto	Unidade	Custo Unitário
Biodiesel	Tonelada	1.615,23
Glicina	Tonelada	0,00
Ácidos Graxos/Sabões	Tonelada	0,00
Preço de Venda Líquido		
		2.019,03
		1.200,00
		1.200,00
Preço de Venda com Impostos Unitário		
		2.317,13
		1.408,10
		1.408,10

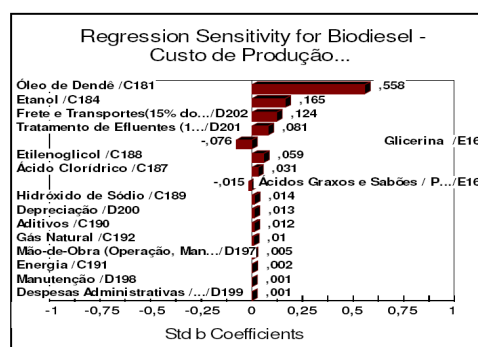
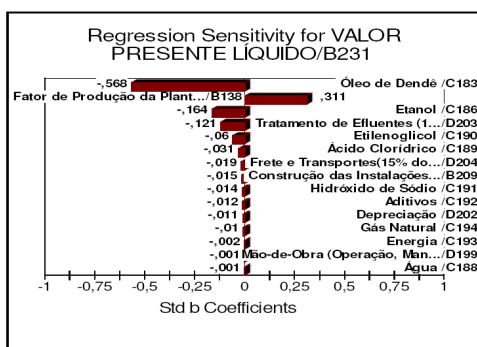
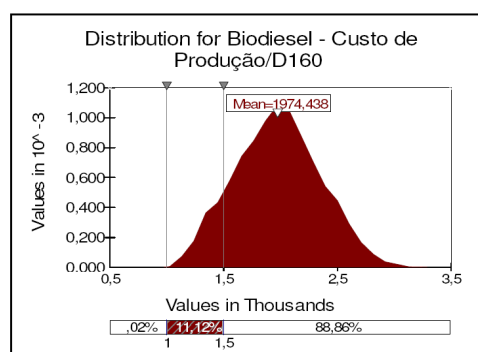
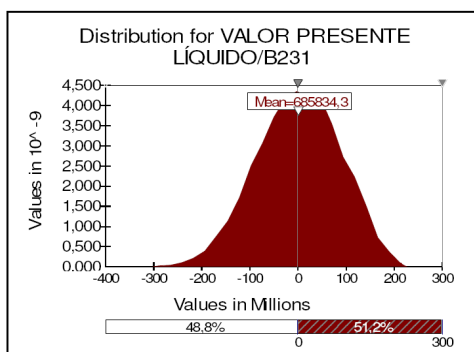
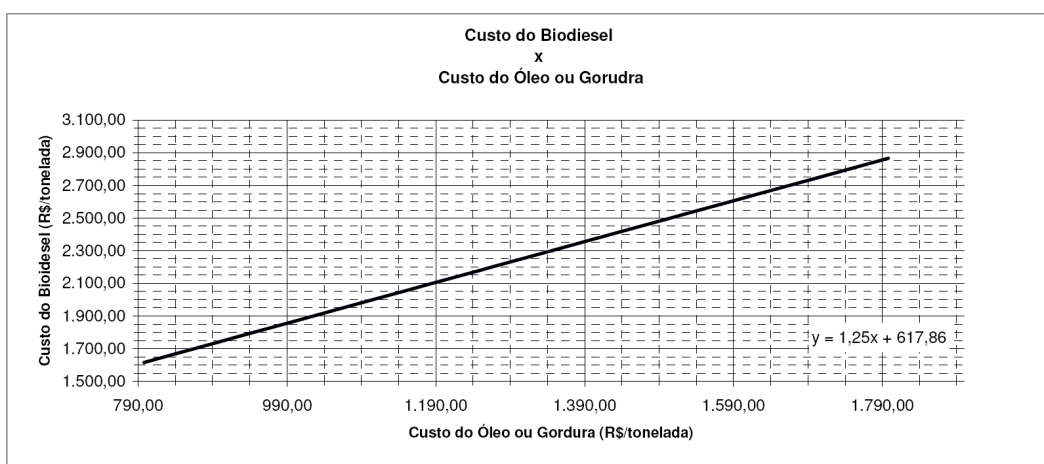
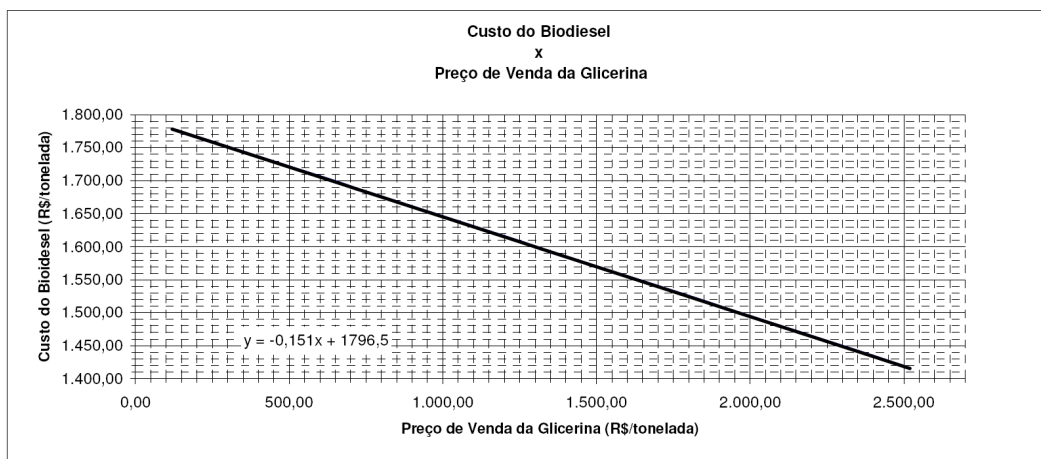


Figura C.5: Gráficos com resultados da simulação do cenário-5.

Tabela C.6: Resultados de simulação – cenário-6

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS					
GENARIO	6				
REGIOAO	NORDESTE				
TRANSERTEFICACAO	METLICA				
MATERIA-PRIMA	DEIDE				
SELO COMBUSTIVEL SOCIAL	MAO				
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS					
PIB (reajustado para inflação)	0,37%				
COFINS (reajustado para inflação)	1,71%				
PIB	1,65%				
COFINS	7,60%				
ICMS7	7,00%				
ICMS DO ESTADO	7,00%				
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	12,00%				
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	18,00%				
CRMF	0,38%				
CIDE	0,00%				
PI	0,00%				
Imposto de Renda (IR)	25,00%				
Imposto de Renda (IRPJ)	10,00%				
Imposto de Produção da Planta (PPP)	100,00%				
Taxa de Juros (TJ)	11,00%				
Taxa de Resgate (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)	2,00%				
	8,00%				
Custo Líquido Unitário					
Item / Item de Custo	Unidade	Custo com Impostos Unitário			
Óleo de Soja	Tonelada	0,00			
Óleo de Mamona	Tonelada	0,00			
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00			
Óleo de Uendê	Tonelada	797,89			
Óleo de Canola	Tonelada	0,00			
Óleo de Boreto	Tonelada	0,00			
Óleo de Semente	Tonelada	1,195,34			
Óleo de Manteiga	Tonelada	13,17			
Água	Tonelada	11,22			
Ácido Clorídrico	Tonelada	723,41			
Etilenoglicol	Tonelada	0,00			
Hidróxido de Sódio	Tonelada	619,02			
Aditivos	Tonelada	500,00			
Energia	MWh	206,14			
Cela Natural	Tonelada	1,285,96			
Margem de Lucro Desajustada		Custo Unitário			
Produto	Unidade	Preço de Venda Líquido - Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário		
Biodiesel	Tonelada	20,07%	1,370,63	1,712,54	1,965,38
Silicona	Tonelada	-	0,00	1,200,00	1,408,10
Acidos Graxos/Sabões	Tonelada	-	0,00	1,200,00	1,408,10

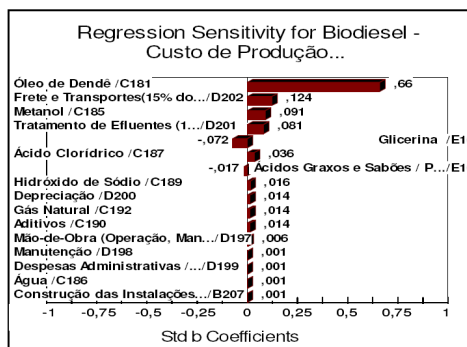
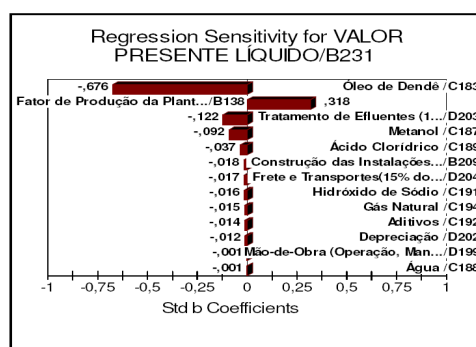
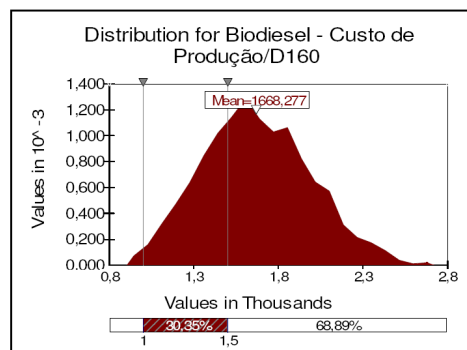
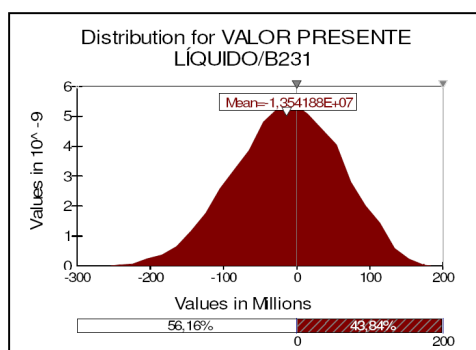
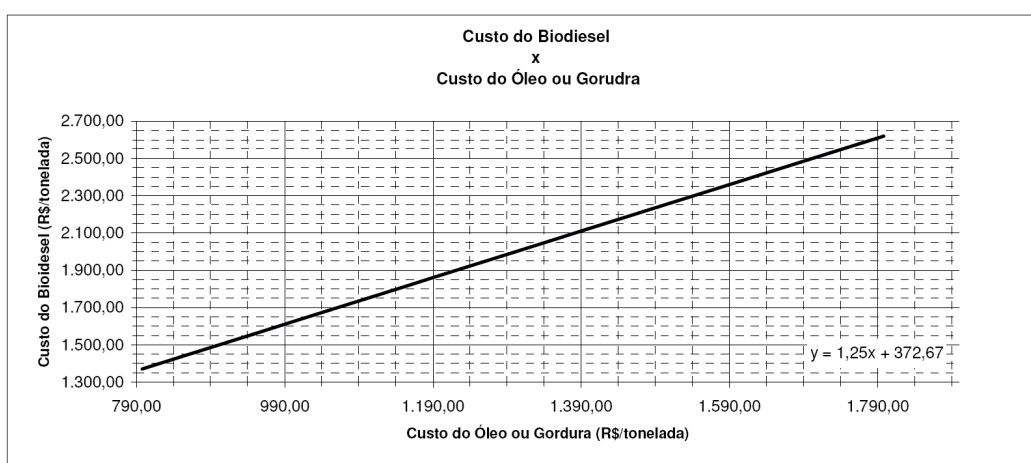
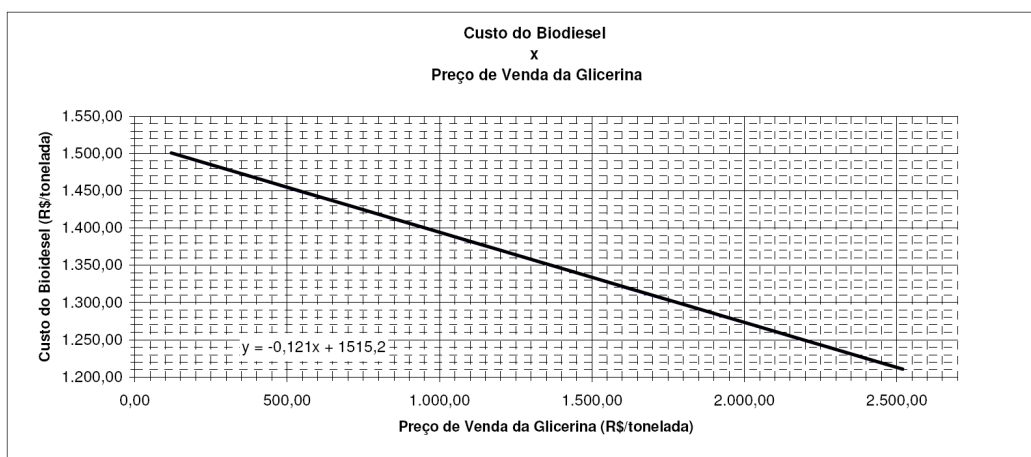


Figura C.6: Gráficos com resultados da simulação do cenário-6.

Tabela C.7: Resultados de simulação – cenário-7.

CENÁRIO		7
REGIMO	CENTROESTE	
TRANSFERRÊNCIA	ETILICA	
MATERIALIDADE	MAPONA	
SELO COMBUSTIVEL SOCIAL	MACO	
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS		
PIS (redução para biodiesel)		0,54%
COFINS (redução para biodiesel)		2,51%
PIS		1,65%
COFINS		7,60%
ICMS7		7,00%
ICMS DO ESTADO		12,00%
ICMS ESTADUAL BIODIESEL		12,00%
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL		18,00%
CPMF		0,38%
ICDE		0,00%
IPI		0,00%
Imposto de Renda (IR)		25,00%
Imposto de Renda (IR) sobre Lucros		30,00%
Dólar		100,00%
Taxa de Juros (TJ)		11,00%
Taxa de Reajuste Despesas Administrativas		2,00%
Taxa de Reajuste (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)		8,00%
Custo Líquido com Impostos		
Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	0,00
Óleo de Mamona	Tonelada	940,74
Óleo de Graccol	Tonelada	1,031.68
Óleo de Dendê	Tonelada	0,00
Óleo de Castola	Tonelada	0,00
Sapo Borato	Tonelada	0,00
Etanol	Tonelada	1.213,66
Metanol	Tonelada	1.489,34
Água	Tonelada	11,79
Ácido Clorídrico	Tonelada	9,60
Etenológico	Tonelada	727,41
Hidróxido de Sódio	Tonelada	893,44
Aditivos	Tonelada	5.255,42
Energia	Tonelada	5.873,03
Gás Natural	Tonelada	694,48
	Tonelada	500,00
	MWh	614,12
		213,30
		261,99
	Tonelada	1.597,20
	Tonelada	1.961,76
Margem de Lucro Desjeitada		
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desjeitada
Biodiesel	Tonelada	20,00%
Glicerina	Tonelada	-
Aditivos, Graxos, Sabões	Tonelada	-
Custo Unitário		
		1.765,69
		0,00
		0,00
Preço de Venda Líquido Unitário		
		2.207,11
		1.200,00
		1.200,00
Preço de Venda com Impostos Unitário		
		2.557,04
		1.473,90
		1.473,90

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS

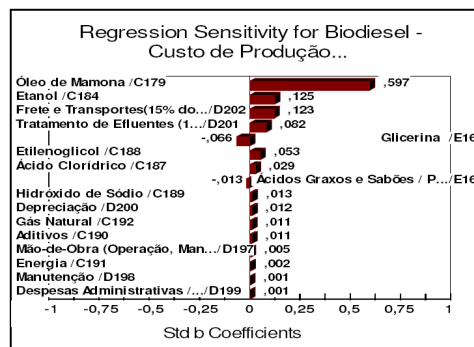
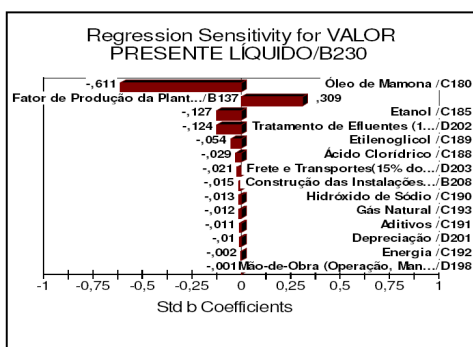
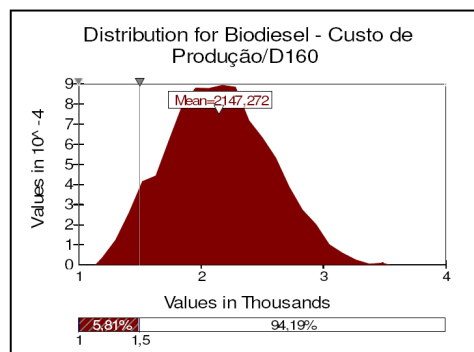
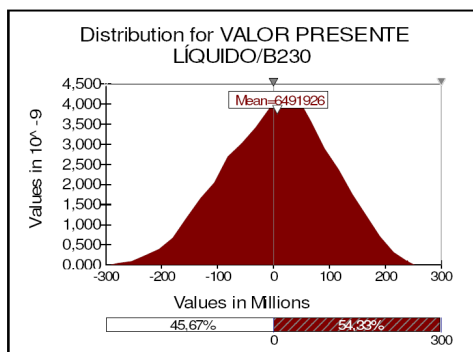
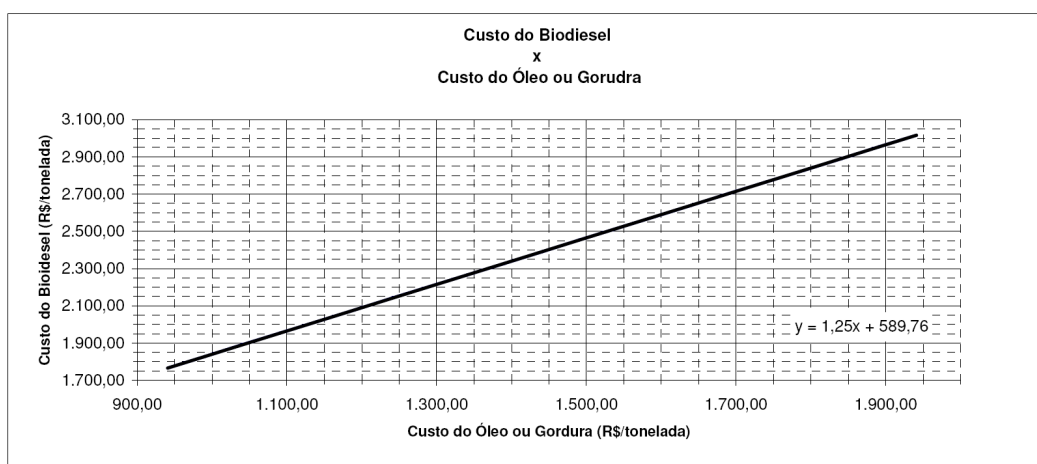
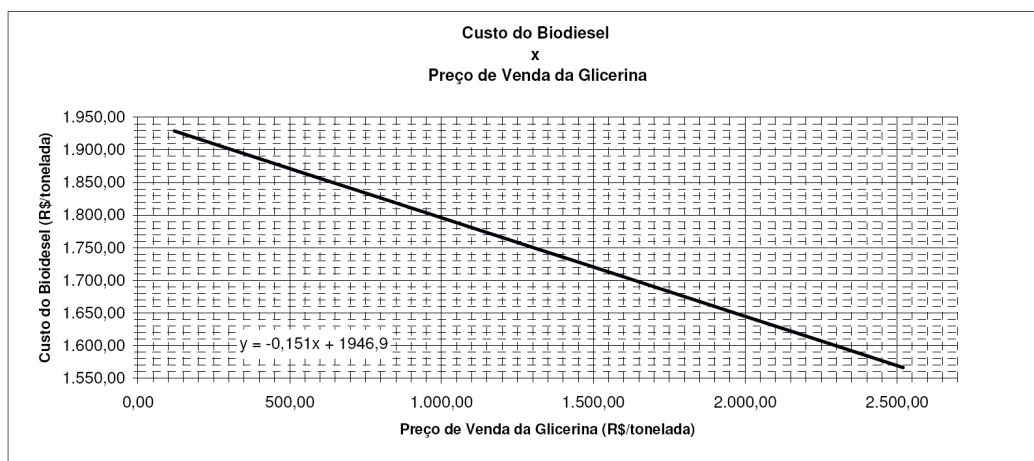


Figura C.7: Gráficos com resultados da simulação do cenário-7.

Tabela C.8: Resultados de simulação – cenário-8.

CENÁRIO		8	
REGIO	CENTRO-OESTE		
TRANSESTERIFICACAO	METILICA		
MATERIA-PRIMA	MAMONA		
SELO COMBUSTIVEL SOCIAL	NAO		
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS			
PIS (reduzido para biodiesel)	0,54%		
COFINS (reduzido para biodiesel)	2,51%		
PIS	1,65%		
COFINS	7,60%		
ICMS	12,00%		
TAXAS ESTADUAIS	12,00%		
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	12,00%		
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	18,00%		
CPMF	0,38%		
CIDE	0,00%		
IPF	0,00%		
Imposto de Renda (IR)	25,00%		
Fator de Produção da Planta (FPP)	100,00%		
Dólar	2,00		
Taxa de Juros (TJ)	11,00%		
Taxa de Reajuste Despesas Administrativas	2,00%		
Taxa de Reajuste (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)	8,00%		

Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Mamona	Tonelada	940,74	1.031,66
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Denegê	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00
Sabo Botno	Tonelada	0,00	0,00
Etanol	Tonelada	2.246,40	2.493,52
Metanol	Tonelada	0,00	0,00
Água Quente	Tonelada	19,19	19,19
Água Fria	Tonelada	72,00	832,44
Eletricidade	Tonelada	0,00	0,00
Hydroxido de Sódio	Tonelada	633,27	694,48
Aditivos	Tonelada	500,00	614,12
Energia	MWh	213,30	261,09
Gás Natural	Tonelada	1.597,20	1.961,76

Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.710,10	2.037,63	2.476,52
Glicerina	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,90
Ácidos Graxos Saturados	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,90

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS

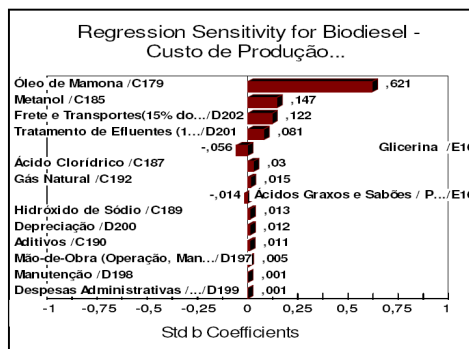
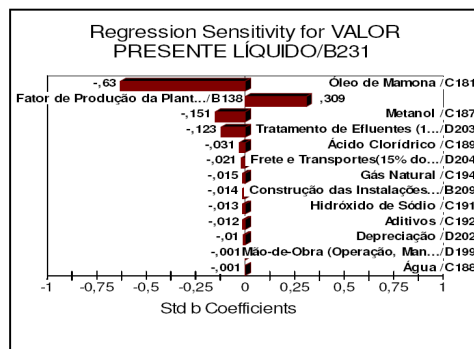
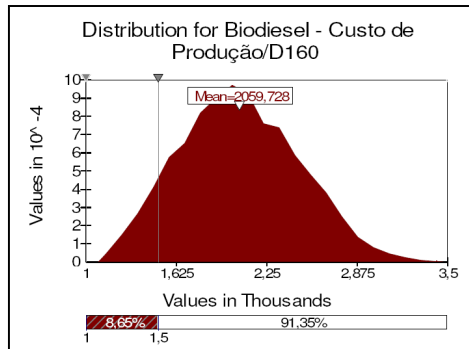
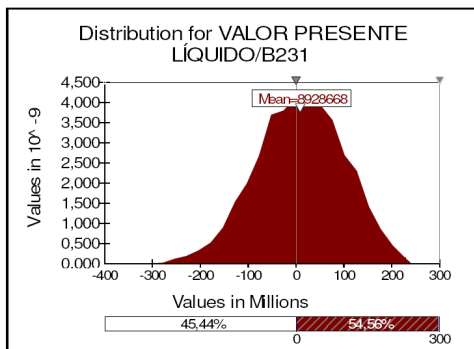
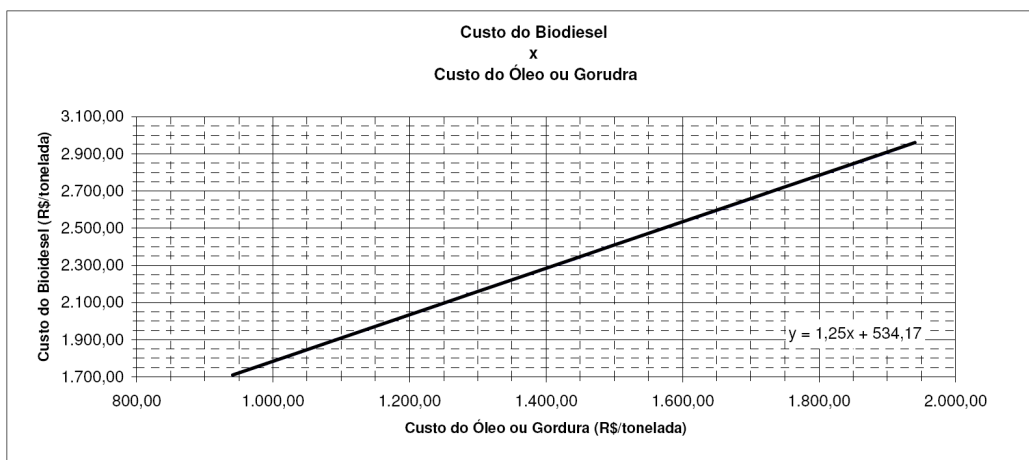
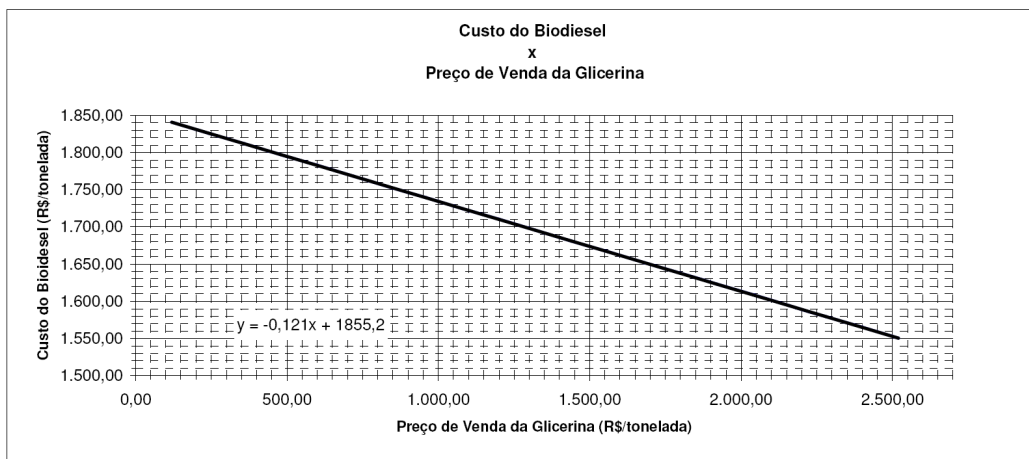


Figura C.8: Gráficos com resultados da simulação do cenário-8.

Tabela C.9: Resultados de simulação – cenário-9.

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS					
CENÁRIO	9				
CENTRO-CÓSTEA					
TRANSFORMAÇÃO	ETÍLICA				
MATÉRIA-PRIMA	SOJA				
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	NAO				
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS					
PIIS (reduzido para biodiesel)	0,54%				
COFINS (reduzido para biodiesel)	2,51%				
PIIS	1,65%				
COFINS	7,60%				
ICMS7	7,00%				
ICMS DO ESTADO	12,00%				
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	12,00%				
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	18,00%				
ICMS de Importação	0,00%				
ICPTE	0,00%				
IR	0,00%				
Imposto de Renda (IR)	25,00%				
Fator de Produção da Planta (FPP)	100,00%				
Dólar	2,00				
Taxa de Juros (TJ)	11,00%				
Taxa de Resgate Despesas Administrativas	2,00%				
Taxa de Resgate (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)	8,00%				
Insunso / Item de Custo					
Óleo de Soja	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário		
Óleo de Mamona	Tonelada	1.100,00	1.351,07		
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Beldroega	Tonelada	0,00	0,00		
Sabo Branco	Tonelada	0,00	0,00		
Etilanol	Tonelada	1.213,06	1.489,94		
Melanol	Tonelada	0,00	0,00		
Água	Tonelada	9,60	11,79		
Ácido Clorídrico	Tonelada	727,41	893,44		
Etilenoglicol	Tonelada	5.255,42	5.873,03		
Hidróxido de Sódio	Tonelada	633,27	694,48		
Aditivos	Tonelada	500,00	614,12		
Energia	MWh	213,30	261,99		
Gás Natural	Tonelada	1.597,20	1.961,76		
Produto		Margem de Lucro Desajada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.964,76	2.455,95	2.845,34
Glicerina	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,90
Ácidos Graxos/Sabões	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,90

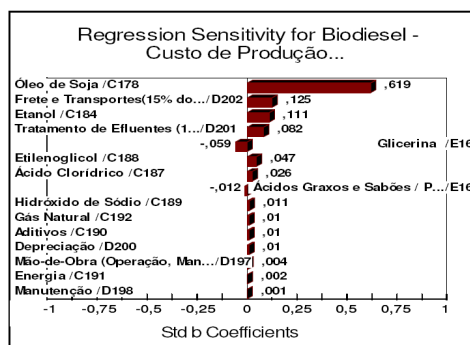
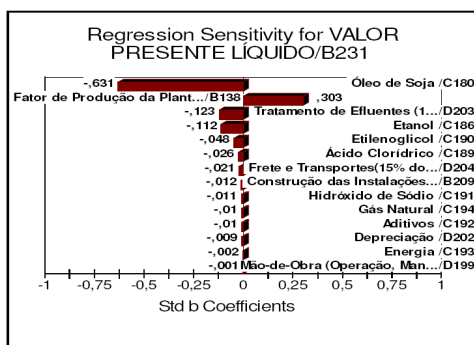
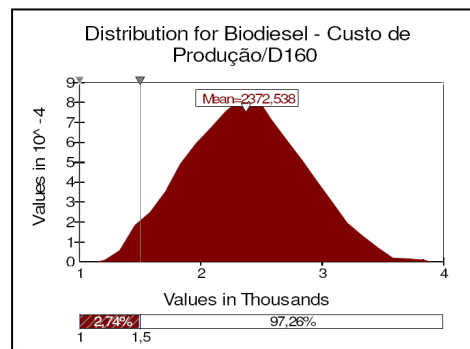
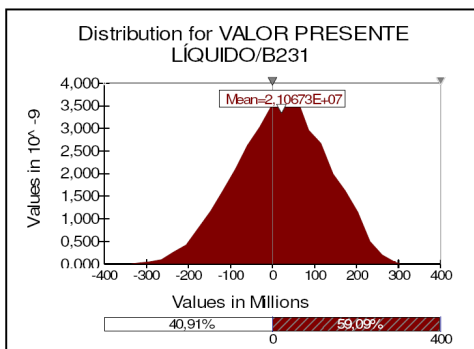
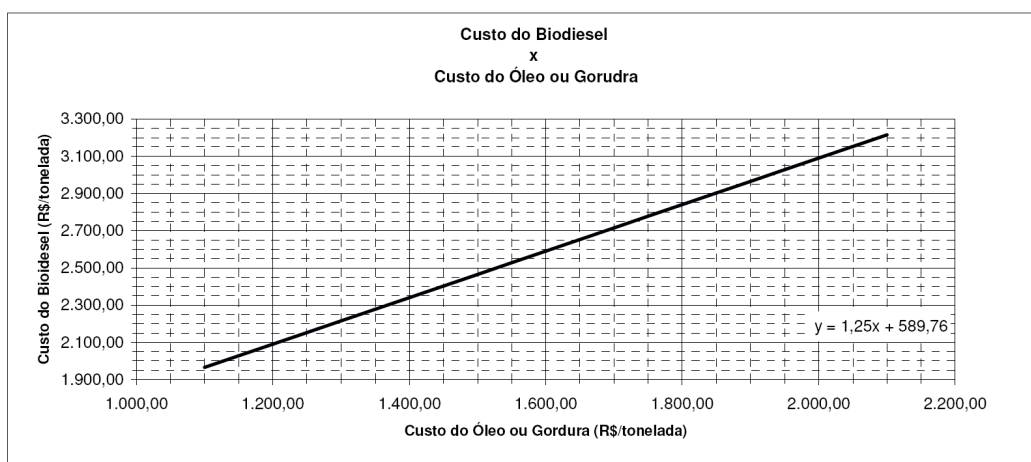
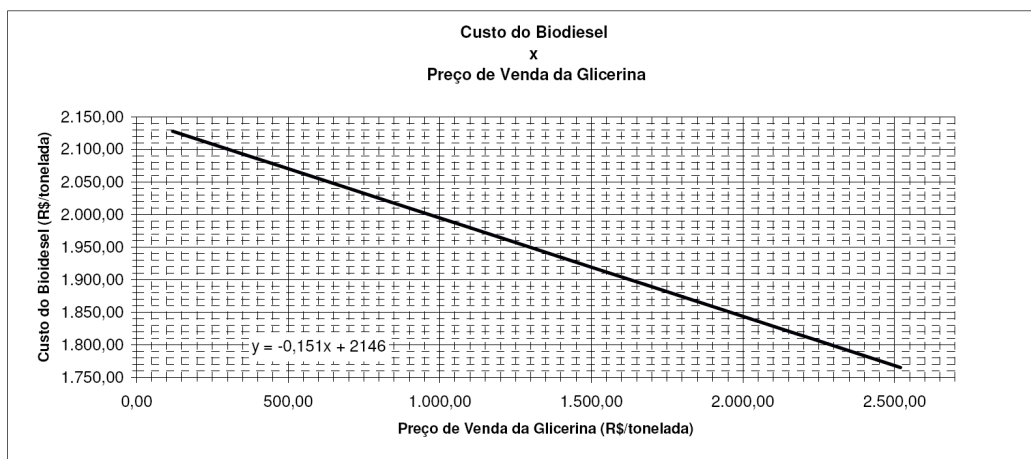


Figura C.9: Gráficos com resultados da simulação do cenário-9.

Tabela C.10: Resultados de simulação – cenário-10.

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS	
GENÉRICO	10
REGIÃO	CENTRO-OESTE
TRANSFORMAÇÃO	METÁLICA
MATÉRIA-PRIMA	SOJA
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	NAO
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS	
PIB (reduzido para biodiesel)	0,54%
COFINS (reduzido para a biodiesel)	2,51%
PIB	1,95%
COFINS	7,60%
ICMS7	12,00%
ICMS DO ESTADO	12,00%
ICMS FEDERAL	1,00%
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	0,38%
CPMF	0,00%
IR	0,00%
Imposto de Renda (IR)	25,00%
Fator de Produção da Planta (PPP)	100,00%
Dólar	2,00
Taxa de Juros (T.J)	11,00%
Taxa de Reajuste Despesas Administrativas	2,00%
Taxa de Reajuste (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)	8,00%

Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.909,17	2.386,46	2.764,53
Glícero	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,50
Ácidos Graxos Saturados	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,50

Item de Custo	Unidade	Custo com Impostos Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	1.100,00
Óleo de Mamona	Tonelada	1.351,07
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00
Óleo de Canola	Tonelada	0,00
Óleo de Amêndoa	Tonelada	0,00
Óleo de Canola	Tonelada	0,00
Sabo Bovino	Tonelada	0,00
Etenol	Tonelada	0,00
Metanol	Tonelada	2.246,40
Água	Tonelada	9,60
Acido Clorídrico	Tonelada	11,79
Etanol	Tonelada	893,44
Elementos	Tonelada	727,41
Produtos	Tonelada	0,00
Aditivos de Solúo	Tonelada	63,09
Aditivos	Tonelada	500,00
Energia	MWh	814,32
Gas Natural	Tonelada	213,20
		261,99
		1.597,20
		1.981,76

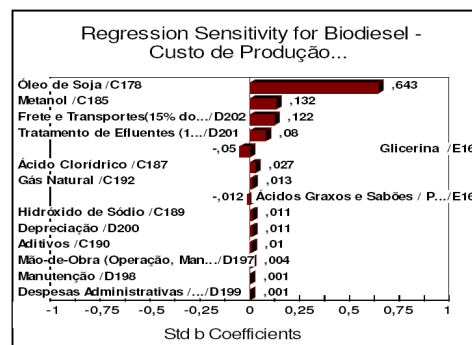
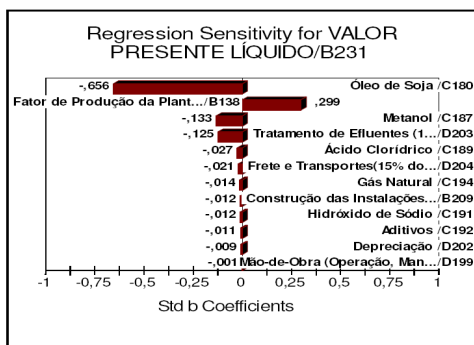
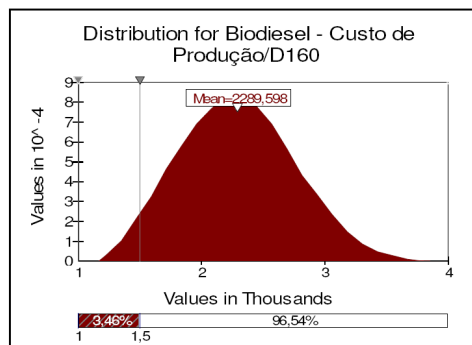
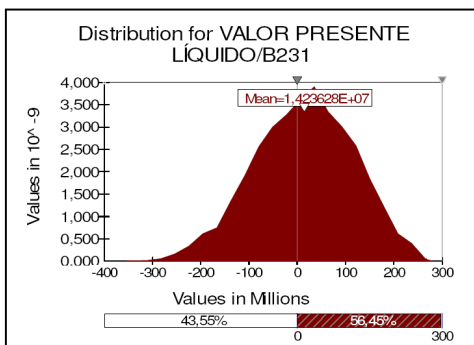
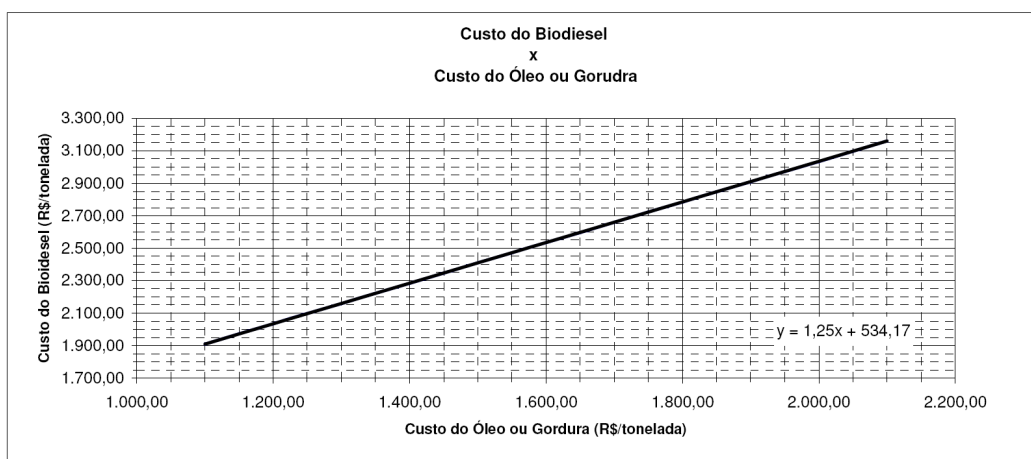
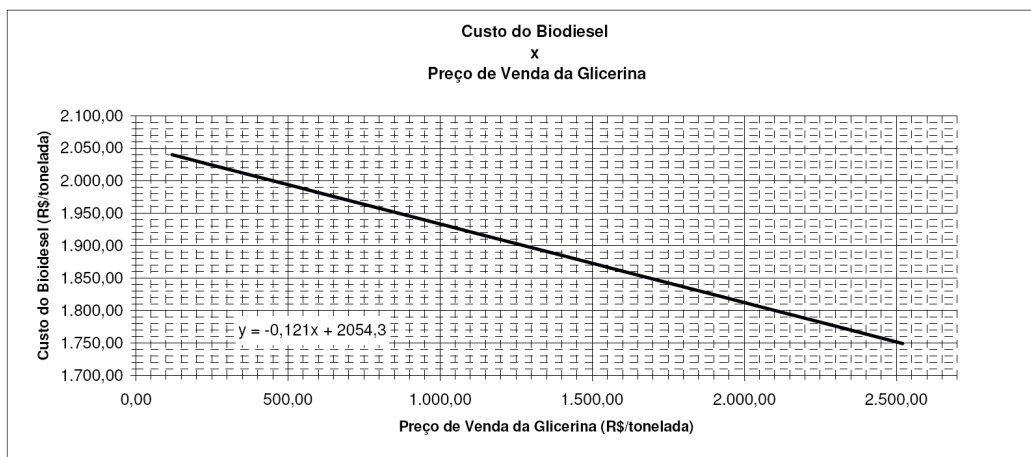


Figura C.10: Gráficos com resultados da simulação do cenário-10.

Tabela C.11: Resultados de simulação – cenário-11.

CENÁRIO		11	
REGIÃO	CENTRO-OESTE		
TRANSFORMAÇÃO	BIOETANOL		
MATÉRIA-PRIMA	GRANISOL		
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	RAO		
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS			
PIS (reduzido para biodiesel)	0,54%		
COFINS (reduzido para biodiesel)	2,51%		
PIS	1,65%		
COFINS	7,69%		
ICMS7	7,00%		
ICMS DO ESTADO	12,00%		
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	12,00%		
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	18,00%		
ICMS7	0,83%		
ICMS7	0,83%		
IRPJ	0,00%		
Imposto de Renda (IR)	25,00%		
Fator de Produção da Planta (FPP)	100,00%		
Dólar	2,00		
Taxa de Juros (TJ)	11,00%		
Taxa de Reajuste Despesas Administrativas	2,00%		
Taxa de Reajuste (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)	8,00%		
Custo Líquido com Impostos			
Insunso / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Graxos	Tonelada	684,35	840,55
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00
Sabo Bovino	Tonelada	0,00	0,00
Etanol	Tonelada	1.213,06	1.489,94
Melanol	Tonelada	0,00	0,00
Água	Tonelada	9,60	11,79
Ácido Clorídrico	Tonelada	7,27	893,44
Etilenoglicol	Tonelada	5.335,42	5.873,03
Etanol de Sólido	Tonelada	633,27	694,48
Aditivos	Unidade	213,30	241,65
Óleo de Sólido	Tonelada	1.597,20	1.961,76
Gas Natural	Tonelada		
Margem de Lucro Desejada			
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.445,20
Calceína	Tonelada	-	0,00
Ácidos Graxos/Sabões	Tonelada	-	0,00
Preço de Venda Líquido Unitário			Preço de Venda com Impostos Unitário
1.806,50			2.062,92
1.200,00			1.475,90
1.200,00			1.475,90

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS

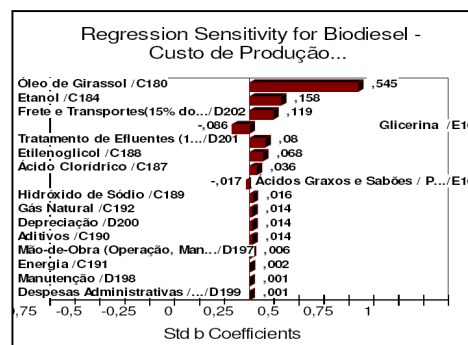
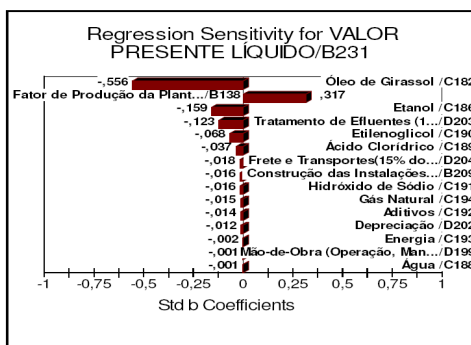
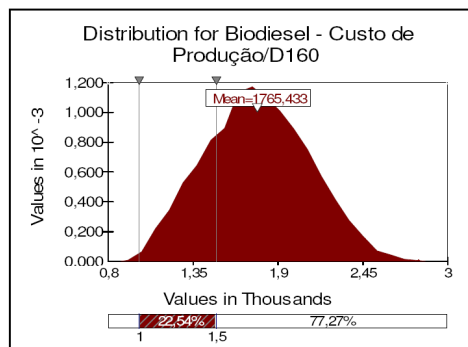
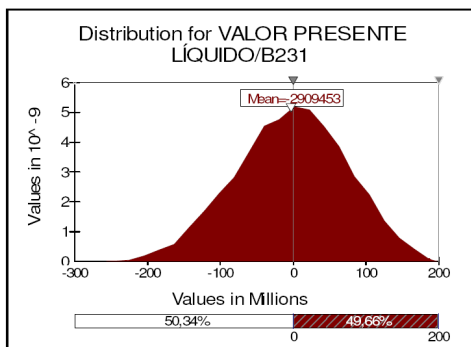
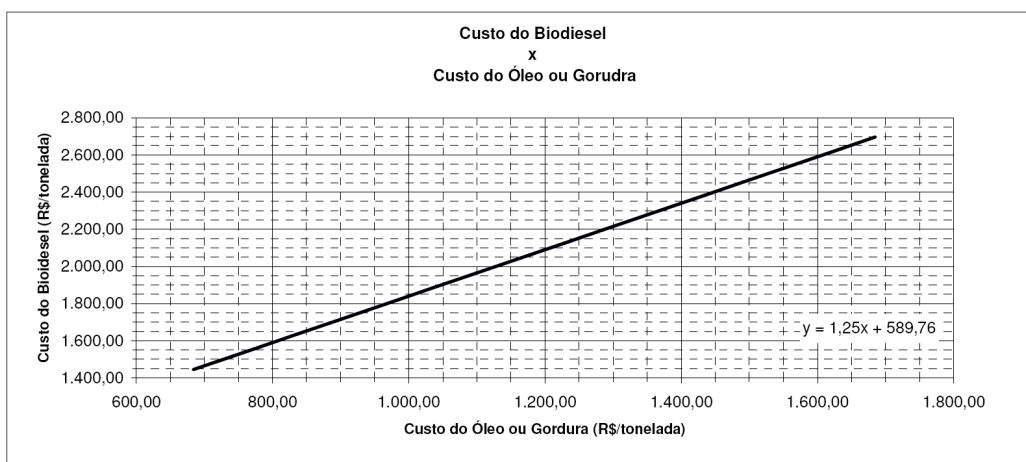
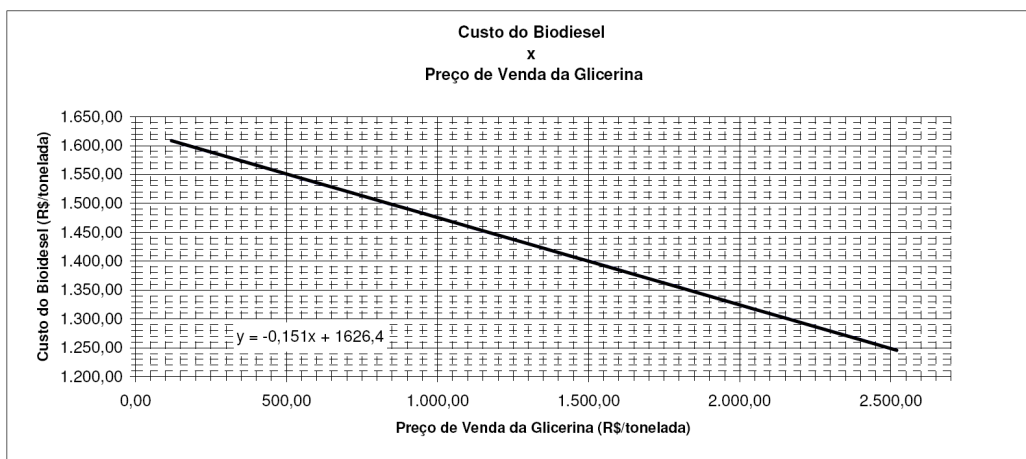


Figura C.11: Gráficos com resultados da simulação do cenário-11.

Tabela C.12: Resultados de simulação – cenário-12.

CENÁRIO 12		CENTRO-OESTE	
REGIÃO		METÍLICA	
TRANSESTERIFICAÇÃO		GRASSOL	
MATERIA-PRIMA		NAO	
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL			
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS			
PIIS (redução para biodiesel)	0,54%		
COFINS I (redução para biodiesel)	2,51%		
PIIS	1,65%		
COFINS	7,60%		
COFINS ESTADUAL	17,00%		
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	12,00%		
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	18,00%		
CPMF	0,38%		
ICIDE	0,00%		
IFI	0,00%		
Imposto de Renda (IR)	25,00%		
Fator de Produção da Planta (FPP)	100,00%		
Dólar	2,00		
Taxa de Juros (TJ)	11,00%		
Taxa de Resgate Despesas Administrativas	2,00%		
Taxa de Frete (Custos de mão-de-obra, manutenção, ITR)	8,00%		

Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Mamona	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Girassol	Tonelada	664,35	840,55
Óleo de Bordoalva	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00
Sebo Bovino	Tonelada	0,00	0,00
Etilanol	Tonelada	2,245,20	2,463,52
Metanol	Tonelada	9,93	11,79
Água	Tonelada	72	84
Óleo de Semente	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Filtro	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Sólido	Tonelada	638,27	694,48
Aditivos	Tonelada	500,00	614,12
Energia	MWh	213,30	261,99
Gás Natural	Tonelada	1,597,20	1,961,76

Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1,380,61	1,747,01	2,012,41
Silicone	Tonelada	-	0,00	1,200,00	1,475,20
Acidos Graxos Saturados	Tonelada	-	0,00	1,200,00	1,475,20

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS

Tabela C.12: Resultados de simulação – cenário-12 (continuação).

		FLUXO DE CAIXA											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		ANO											
CENÁRIO	12												
REGIÃO	CENTRO-OESTE												
TRANSFORMAÇÃO	METLÍCA												
MATÉRIA-PRIMA	GRASSOL												
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	NAO												
CUSTOS													
Materias-Primas													
Óleo de Sésia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Óleo de Algodora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Óleo de Girassol	0,00	25.644.512,79	25.644.512,79	25.644.512,79	25.644.512,79	25.644.512,79	25.644.512,79	25.644.512,79	25.644.512,79	25.644.512,79	25.644.512,79	25.644.512,79	25.644.512,79
Óleo de Colza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sabo Boinho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Etilanol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metanol	0,00	8.459.957,81	8.459.957,81	8.459.957,81	8.459.957,81	8.459.957,81	8.459.957,81	8.459.957,81	8.459.957,81	8.459.957,81	8.459.957,81	8.459.957,81	8.459.957,81
Água	0,00	93.150,46	93.150,46	93.150,46	93.150,46	93.150,46	93.150,46	93.150,46	93.150,46	93.150,46	93.150,46	93.150,46	93.150,46
Ácido Clorídrico	0,00	2.069.424,24	2.069.424,24	2.069.424,24	2.069.424,24	2.069.424,24	2.069.424,24	2.069.424,24	2.069.424,24	2.069.424,24	2.069.424,24	2.069.424,24	2.069.424,24
Etilóxido de Sódio	0,00	896.995,82	896.995,82	896.995,82	896.995,82	896.995,82	896.995,82	896.995,82	896.995,82	896.995,82	896.995,82	896.995,82	896.995,82
Hidróxido de Sódio	0,00	2.182.751,78	2.182.751,78	2.182.751,78	2.182.751,78	2.182.751,78	2.182.751,78	2.182.751,78	2.182.751,78	2.182.751,78	2.182.751,78	2.182.751,78	2.182.751,78
Energia	0,00	352.108,72	352.108,72	352.108,72	352.108,72	352.108,72	352.108,72	352.108,72	352.108,72	352.108,72	352.108,72	352.108,72	352.108,72
Gás Natural	0,00	1.031.230,74	1.031.230,74	1.031.230,74	1.031.230,74	1.031.230,74	1.031.230,74	1.031.230,74	1.031.230,74	1.031.230,74	1.031.230,74	1.031.230,74	1.031.230,74
Total de Insumos	0,00	40.710.132,23	40.710.132,23	40.710.132,23	40.710.132,23	40.710.132,23	40.710.132,23	40.710.132,23	40.710.132,23	40.710.132,23	40.710.132,23	40.710.132,23	40.710.132,23
Planta Industrial													
Mão-de-Obra (Operação, Manutenção e Supervisão)	0,00	2.119.700,00	2.289.276,00	2.472.418,08	2.670.211,53	2.883.828,45	3.114.534,72	3.363.897,50	3.632.793,30	3.923.416,77	4.237.290,11	4.576.273,32	4.940.000,00
Manutenção	0,00	321.300,00	347.004,00	374.784,32	404.745,47	437.125,10	472.095,11	509.892,72	550.851,74	594.703,89	642.280,19	693.662,60	
Despesas Administrativas	262.500,00	267.750,00	273.105,00	279.567,10	284.198,44	289.821,21	295.617,64	301.520,99	307.560,50	313.711,80	319.968,04	326.385,76	
Tratamento de Efluentes (10% do total de matérias-primas)	0,00	5.033.151,00	5.033.151,00	5.033.151,00	5.033.151,00	5.033.151,00	5.033.151,00	5.033.151,00	5.033.151,00	5.033.151,00	5.033.151,00	5.033.151,00	
Frete e Transportes (15% do valor do produto)	0,00	4.071.013,23	4.071.013,23	4.071.013,23	4.071.013,23	4.071.013,23	4.071.013,23	4.071.013,23	4.071.013,23	4.071.013,23	4.071.013,23	4.071.013,23	
Total de Custos da Planta Industrial	262.500,00	17.919.434,07	18.120.069,07	18.336.433,57	18.569.779,51	18.821.458,84	19.092.391,54	19.385.774,28	19.701.889,70	20.042.316,52	20.410.240,40	15.773.854,75	
Custos de Capital													
Construção das Instalações e Compra dos Equipamentos	50.331.510,00	8.548.982,23	8.548.982,23	8.548.982,23	8.548.982,23	8.548.982,23	8.548.982,23	8.548.982,23	8.548.982,23	8.548.982,23	8.548.982,23	8.548.982,23	0,00
Capital de giro	2.703.500,00	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	459.058,16	0,00
Total do Custo de Capital	53.035.010,00	9.008.040,39	9.008.040,39	9.008.040,39	9.008.040,39	9.008.040,39	9.008.040,39	9.008.040,39	9.008.040,39	9.008.040,39	9.008.040,39	9.008.040,39	0,00
CUSTO TOTAL	53.297.510,00	67.694.996,75	67.935.621,75	68.051.986,25	68.265.922,18	68.537.011,51	68.908.484,22	69.101.926,96	69.417.242,98	69.738.069,19	70.125.726,08	58.483.987,03	
RECEITA BRUTA													
Biodiesel	0,00	77.957.582,22	77.957.582,22	77.957.582,22	77.957.582,22	77.957.582,22	77.957.582,22	77.957.582,22	77.957.582,22	77.957.582,22	77.957.582,22	77.957.582,22	77.957.582,22
Glicina	0,00	6.906.161,52	6.906.161,52	6.906.161,52	6.906.161,52	6.906.161,52	6.906.161,52	6.906.161,52	6.906.161,52	6.906.161,52	6.906.161,52	6.906.161,52	
Ácidos Graxos Saturados	0,00	1.674.008,02	1.674.008,02	1.674.008,02	1.674.008,02	1.674.008,02	1.674.008,02	1.674.008,02	1.674.008,02	1.674.008,02	1.674.008,02	1.674.008,02	
RECEITA TOTAL	0,00	86.537.751,76	86.537.751,76	86.537.751,76	86.537.751,76	86.537.751,76	86.537.751,76	86.537.751,76	86.537.751,76	86.537.751,76	86.537.751,76	86.537.751,76	
LUCROS													
Lucro Bruto	-53.297.510,00	18.922.765,01	19.702.190,01	18.485.765,51	18.252.419,59	18.000.740,25	17.729.287,54	17.436.424,80	17.120.500,39	16.779.892,57	16.411.956,88	30.063.764,72	
Lucro Líquido (sem Impostos)	-31.801.297,95	15.522.238,36	15.221.603,36	15.105.238,86	14.871.892,93	14.620.213,60	14.348.740,89	14.055.898,15	13.739.882,74	13.399.155,92	13.031.432,03	26.673.226,02	
VALOR PRESENTE LÍQUIDO	54.367.136,77												

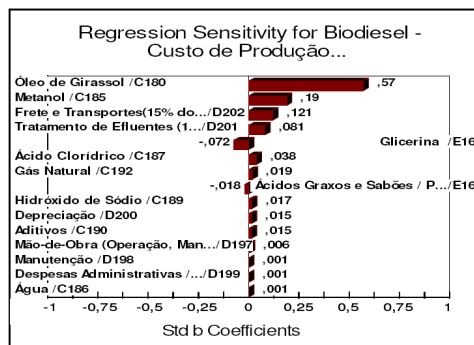
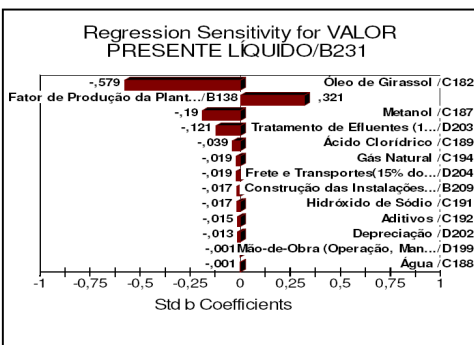
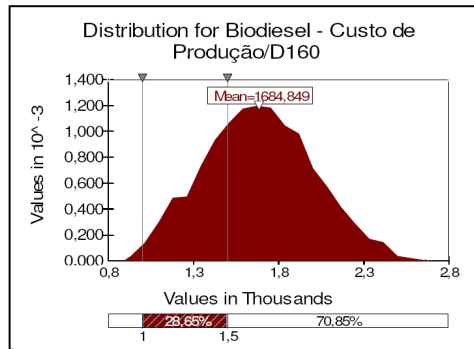
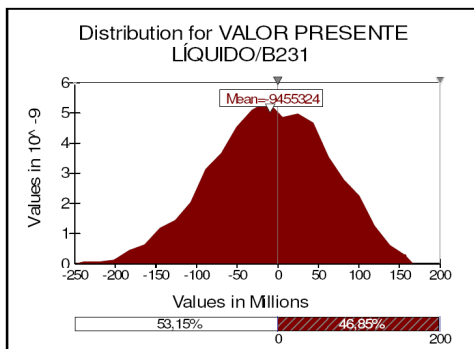
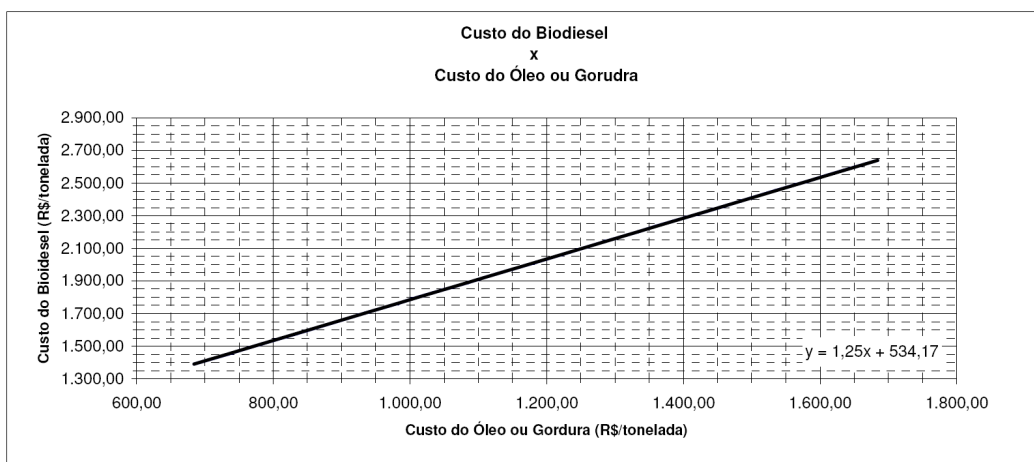
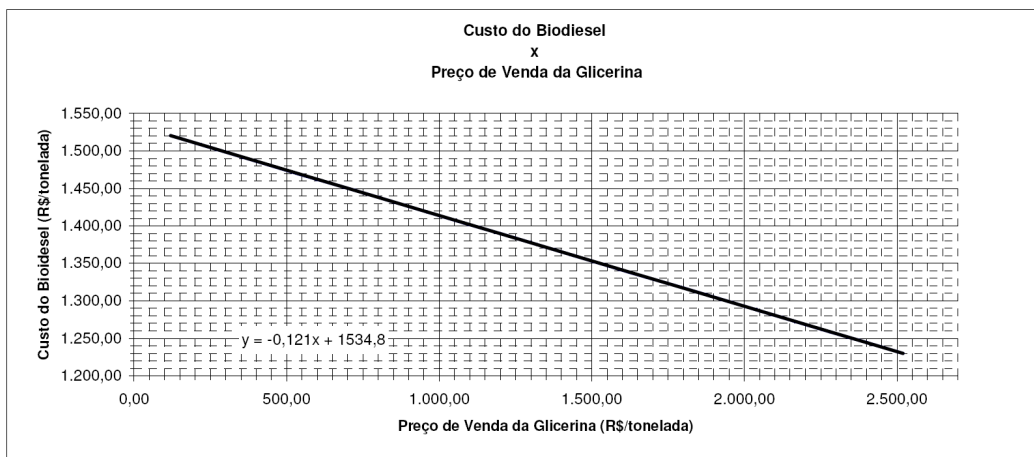


Figura C.12: Gráficos com resultados da simulação do cenário-12.

Tabela C.13: Resultados de simulação – cenário-13.

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS			
GENARIO	13		
REGIAO	CENTRO-OESTE		
TRANSESTERIFICACAO	ETILICA		
MATERIA-PRIMA	SERO		
SELO COMBUSTIVEL SOCIAL	NAO		
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS			
PIB (reduzido para biodiesel)	0,54%		
COFINS (reduzido para biodiesel)	2,51%		
PIB	1,65%		
COFINS	7,60%		
IMPOSTOS ESTADOS	1,00%		
IMPOSTO FEDERAL BIODIESEL	12,00%		
IMPOSTO ESTADUAL BIODIESEL	18,00%		
IMPOSTO FEDERAL BIODIESEL	18,00%		
CPMF	0,38%		
ICMS	0,00%		
IPF	0,00%		
Imposto de Renda (IR)	25,00%		
Fator de Produção da Planta (PPP)	100,00%		
Dolar	2,00		
Taxa de Juros (TJ)	11,00%		
Taxa de Frete/Despesa Administrativas	2,00%		
Taxa de Frete/Despesa de mão-de-obra, manutenção, ITR	8,00%		
Custo com Impostos			
Item / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Mamona	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Beldê	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00
Serbo Bovino	Tonelada	650,00	798,38
Etanol	Tonelada	1.213,06	1.489,94
Melancia	Tonelada	0,00	0,00
Água	Tonelada	9,00	11,79
Eletricidade	Tonelada	11,14	13,94
Óleo Diesel	Tonelada	77,00	96,04
Óleo Gasolina	Tonelada	5.255,40	6.572,09
Óleo Querosene	Tonelada	6,00	7,50
Óleo de Sêdo	Tonelada	638,27	804,48
Aditivos	Tonelada	500,00	614,12
Energia	MWh	213,20	261,09
Sal Natural	Tonelada	1.597,20	1.961,76
Margem de Lucro Desejada			
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.407,28
Óleo Diesel	Tonelada	-	0,00
Óleo Gasolina	Tonelada	-	0,00
Óleo Querosene	Tonelada	-	0,00
Preço de Venda Líquido Unitário			
Biodiesel	Tonelada	1.757,88	2.039,74
Óleo Diesel	Tonelada	1.200,00	1.472,93
Óleo Gasolina	Tonelada	1.200,00	1.472,93
Óleo Querosene	Tonelada	1.200,00	1.472,93
Preço de Venda com Impostos Unitário			
Biodiesel	Tonelada	1.200,00	1.472,93
Óleo Diesel	Tonelada	1.200,00	1.472,93
Óleo Gasolina	Tonelada	1.200,00	1.472,93
Óleo Querosene	Tonelada	1.200,00	1.472,93

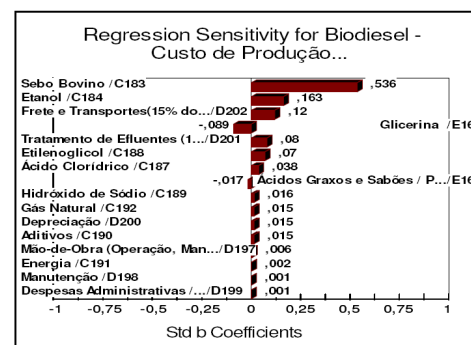
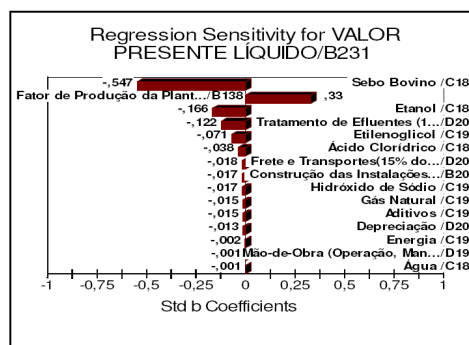
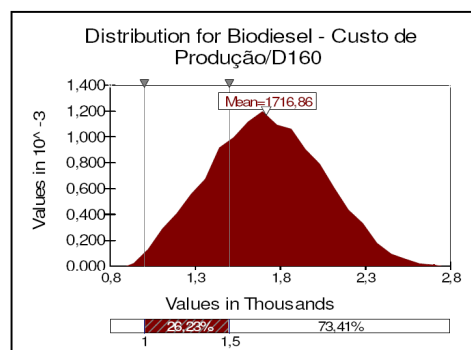
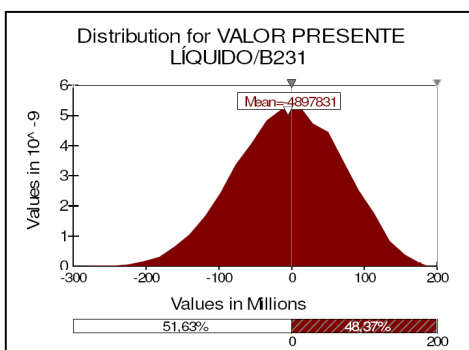
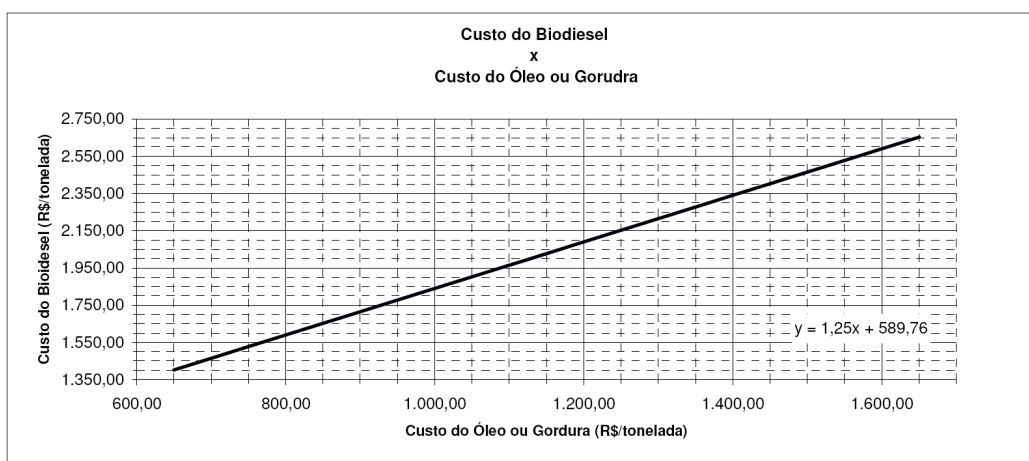
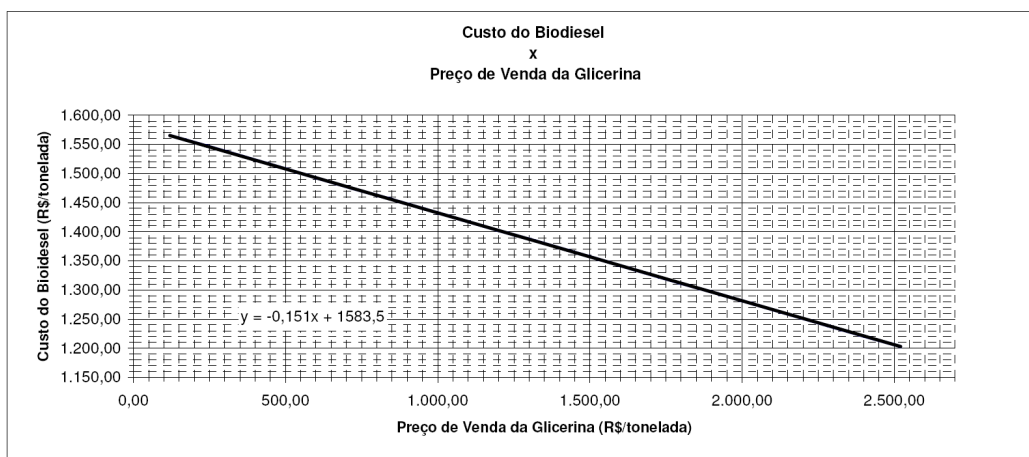


Figura C.13: Gráficos com resultados da simulação do cenário-13.

Tabela C.14: Resultados de simulação – cenário-14.

CENÁRIO		14
REGIÃO	CENTRO-OESTE	
TRANSFORMAÇÃO	MELIÇA	
MATERIA-PRIMA	SEPO	
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	IMO	
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS		
PIS (reduzido para biodiesel)	0,54%	
COFINS (reduzido para biodiesel)	2,51%	
PIS	1,65%	
COFINS	7,60%	
ICMS7	7,00%	
ICMS DO ESTADO	12,00%	
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	12,00%	
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	18,00%	
CPMF	0,38%	
CIDE	0,00%	
IPI	0,00%	
Imposto de Renda (IR)	25,00%	
Taxa de Produção da Planta (PPP)	100,00%	
Taxa de Juros (TJ)	11,00%	
Taxa de Realizate (Despesas Administrativas)	2,00%	
Taxa de Realizate (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)	8,00%	
Custo Líquido Unitário		
Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo com Impostos Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	0,00
Óleo de Mamona	Tonelada	0,00
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00
Óleo de Dendê	Tonelada	0,00
Óleo de Canola	Tonelada	0,00
Selo Evinto	Tonelada	650,00
Etanol	Tonelada	7,00
Metanol	Tonelada	2,248
Acido Clorídrico	Tonelada	9,60
Acido Sulfúrico	Tonelada	727,41
Etanolglicol	Tonelada	893,44
Hidróxido de Sódio	Tonelada	0,00
Aditivos	Tonelada	633,27
Energia	Tonelada	500,00
Energia	MWh	213,30
Gás Natural	Tonelada	1.597,20
Margem de Lucro Desejada		
Produto	Unidade	Custo Unitário
Biodiesel	Tonelada	1.346,87
Etanol	Tonelada	0,00
Acidos Graxos/Sabões	Tonelada	0,00
Preço de Venda Líquido Unitário		
Biodiesel	Tonelada	1.693,34
Etanol	Tonelada	1.200,00
Acidos Graxos/Sabões	Tonelada	1.200,00
Preço de Venda com Impostos Unitário		
Biodiesel	Tonelada	1.950,29
Etanol	Tonelada	1.472,00
Acidos Graxos/Sabões	Tonelada	1.472,00

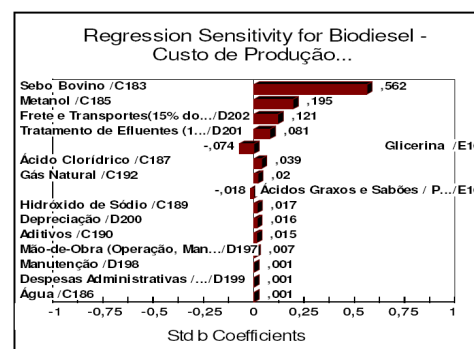
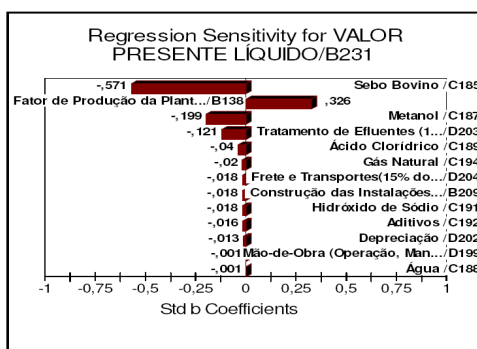
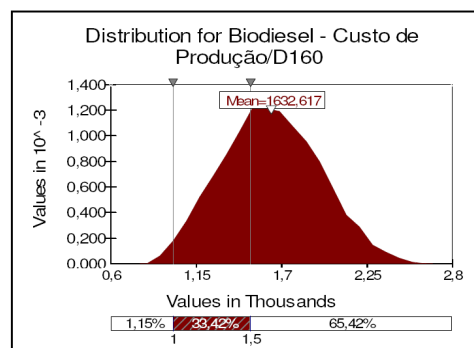
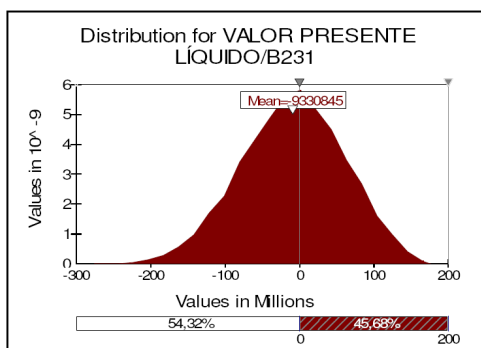
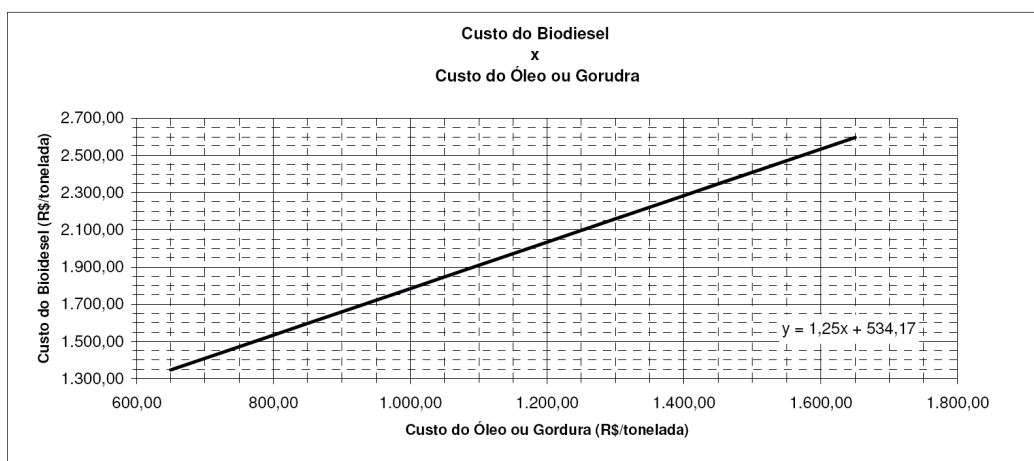
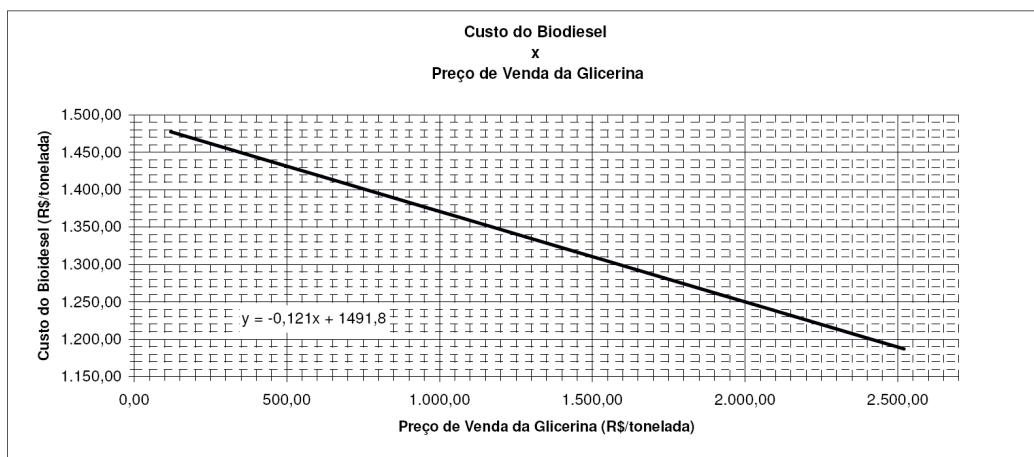


Figura C.14: Gráficos com resultados da simulação do cenário-14.

Tabela C.15: Resultados de simulação – cenário-15.

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS					
CENÁRIO	15				
REGIÃO	SUDESTE				
TRANSFORMAÇÃO	LETÍFICA				
MATÉRIA-PRIMA	MANONIA				
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	NAO				
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS					
PIS (reduzido para biodiesel)	0,54%				
COFINS (reduzido para biodiesel)	2,51%				
PIS	1,65%				
COFINS	7,60%				
ICMS7	7,00%				
ICMS DO ESTADO	12,00%				
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	18,00%				
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	18,00%				
CPMF	0,38%				
CPMF	0,38%				
IR	0,00%				
Imposto de Renda (IR)	25,00%				
Fator de Produção da Planta (FPP)	2,00				
Dólar	11,00%				
Taxa de Juros (TJ)	2,00%				
Taxa de Freajuste Despesas Administrativas	2,00%				
Taxa de Freajuste (custos de mão-de-obra, manutenção) (TF)	8,00%				
Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com impostos Unitário		
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Manonina	Tonelada	940,74	1.031,88		
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00		
Solho Bovino	Tonelada	0,00	0,00		
Etnanol	Tonelada	808,71	993,30		
Mianol	Tonelada	0,00	0,00		
Água	Tonelada	18,68	22,94		
Ácido Clorídrico	Tonelada	632,53	776,90		
Etilenoglicol	Tonelada	4.656,89	5.106,99		
Hidróxido de Sódio	Tonelada	550,67	603,89		
Aditivos	Tonelada	500,00	614,12		
Energia	MWh	219,59	269,71		
Gas Natural	Tonelada	1.054,80	1.307,84		
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.648,53	2.060,68	2.515,27
Glicerina	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,00
Ácidos Graxos/Sabões	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,00

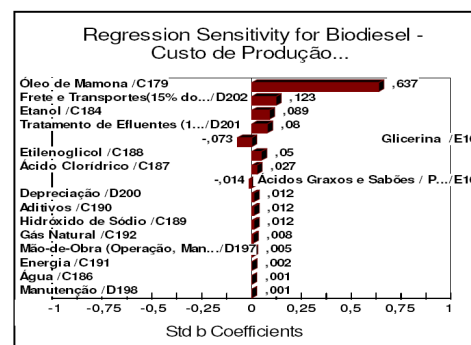
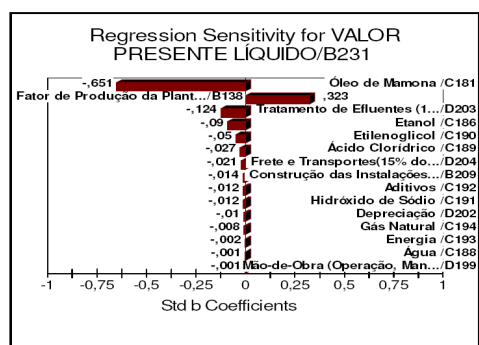
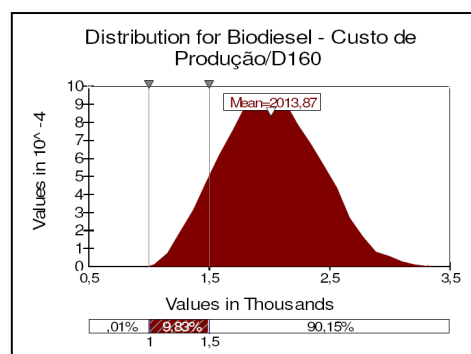
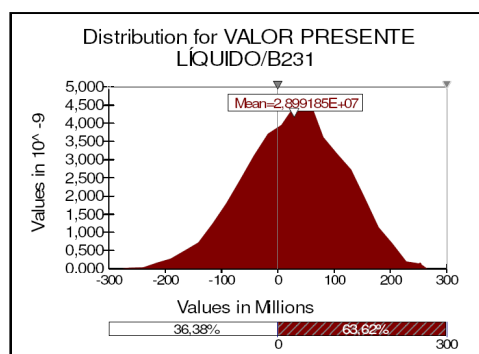
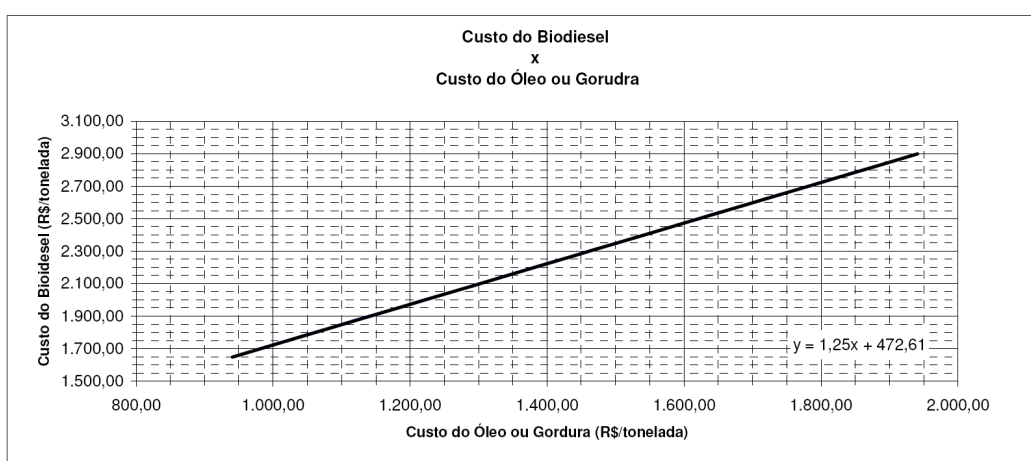
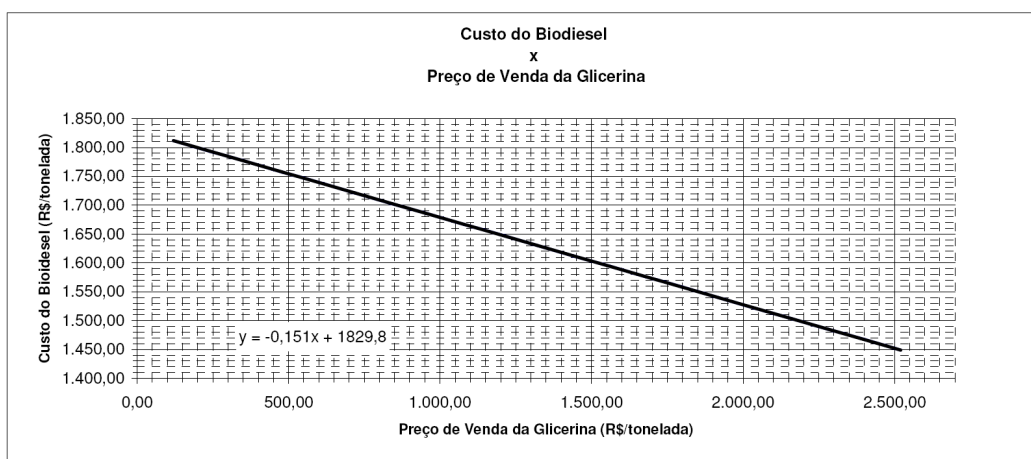


Figura C.15: Gráficos com resultados da simulação do cenário-15.

Tabela C.16: Resultados de simulação – cenário-16.

CENÁRIO		16			
REGIÃO	SUDESTE				
TRANSFORMAÇÃO	METLÍCA				
MATÉRIA-PRIMA	MAMONA				
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	NAO				
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS					
PIB (reduzido para biodiesel)		0,54%			
COFINS (reduzido para biodiesel)		2,51%			
PIB		1,65%			
COFINS		7,60%			
ICMS/ESTADOS		17,00%			
ICMS/FEDERAL BIODIESEL		12,00%			
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL		18,00%			
CPMF		0,38%			
SIDE		0,00%			
IFI		0,00%			
Imposto de Renda (IR)		25,00%			
Fator de Produção da Planta (PPP)		100,00%			
Dólar		2,00			
Taxa de Juros (TJ)		11,00%			
Taxa de Frete/Despesa Administrativas		2,00%			
Taxa de Frete/ Custos de mão-de-obra, manutenção, ITR		8,00%			
DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS					
Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário		
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Mamona	Tonelada	940,74	1.031,66		
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Beldê	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00		
Sabo Bovino	Tonelada	0,00	0,00		
Etilanol	Tonelada	1.953,39	2.142,19		
Melancia	Tonelada	18,88	222,94		
Água	Tonelada	82,53	7,69		
Óleo Clorofó	Tonelada	6,00	6,00		
Óleo de Semente	Tonelada	550,37	603,89		
Aditivos	Tonelada	500,00	614,12		
Energia	MWh	219,59	269,71		
Sal Natural	Tonelada	1.064,90	1.307,84		
Resultados de Simulação					
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.652,20	2.065,26	2.530,86
Óleo	Tonelada	-	0,00	200,00	1.472,80
Acúcar/Garças/Sabões	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.472,80

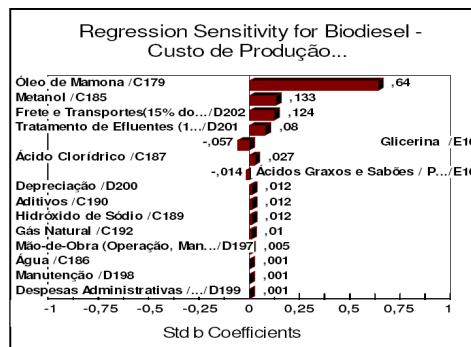
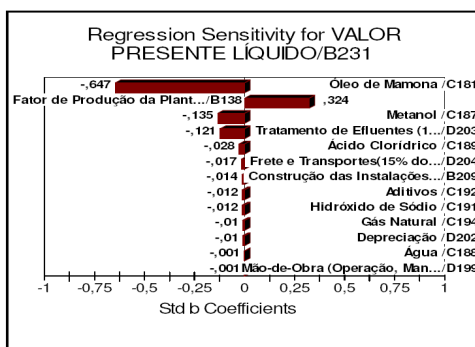
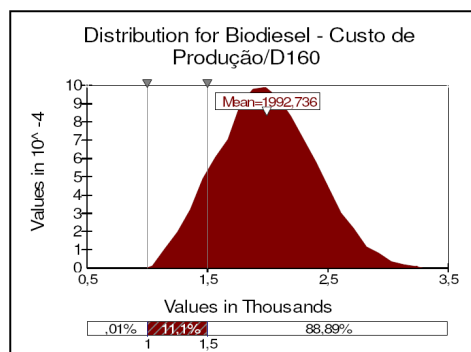
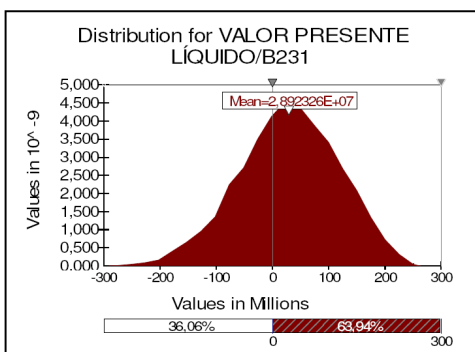
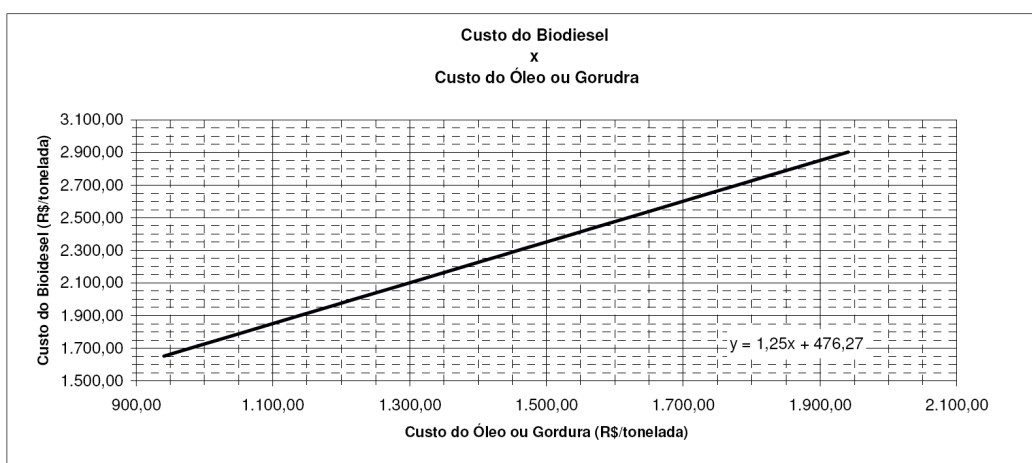
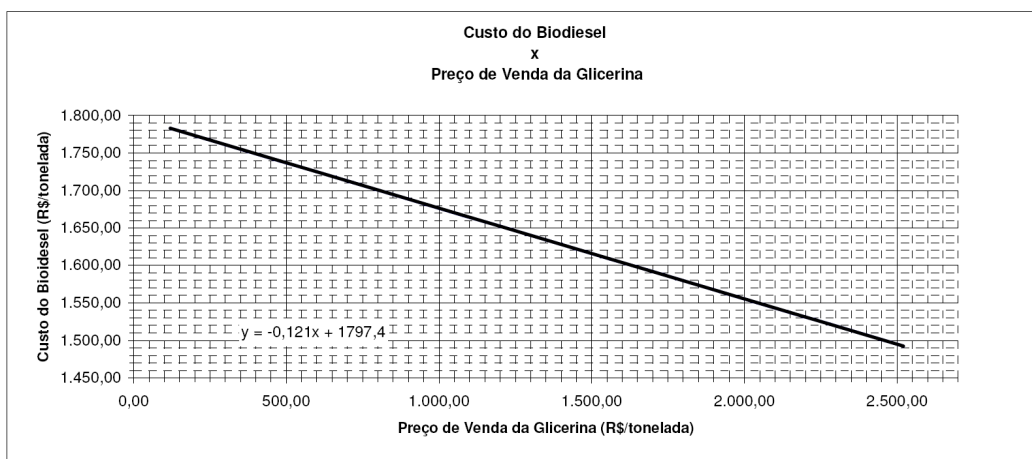


Figura C.16: Gráficos com resultados da simulação do cenário-16.

Tabela C.17: Resultados de simulação – cenário-17.

CENÁRIO 17		DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS			
REGIÃO	SUDESTE				
TRANSFORMAÇÃO	ETILICA				
MATÉRIA-PRIMA	RAO				
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	NAO				
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS					
PIS (reduzido para biodiesel)		0,54%			
COFINS (reduzido para biodiesel)		2,51%			
PIS		1,65%			
COFINS		7,50%			
ICMS7		7,00%			
ICMS DO ESTADO		12,00%			
ICMS ESTADUAL BIODIESEL		18,00%			
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL		18,00%			
CPMF		0,38%			
CIDE		0,00%			
IPI		0,00%			
Imposto de Venda (IR)		3,00%			
Imposto de Renda (IRPJ)		10,00%			
Valor de Produção da Planta (PPP)		2,00%			
Taxa de Juros (TJ)		11,00%			
Taxa de Reajuste Despesas Administrativas		2,00%			
Taxa de Reajuste (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)		8,00%			
Resumo / Item de Custo					
Item	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário		
Óleo de Soja	Tonelada	1.100,00	1.351,07		
Óleo de Mamona	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Dendê	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00		
Selo Evoto	Tonelada	8,00	89,00		
Matrão	Tonelada	0,00	0,00		
Alumínio	Tonelada	18,68	22,94		
Acido Clorídrico	Tonelada	832,85	776,90		
EtilenoGlicol	Tonelada	4.636,89	5.106,99		
Hidróxido de Sódio	Tonelada	550,67	603,89		
Aditivos	Tonelada	500,00	614,12		
Energia	MWh	219,59	269,71		
Gás Natural	Tonelada	1.064,80	1.307,84		
Produto					
Item	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.847,61	2.306,51	2.819,07
Glicéris	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,00
Acidos Graxos Saturados	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,00

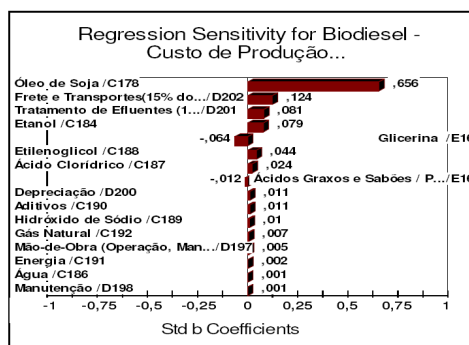
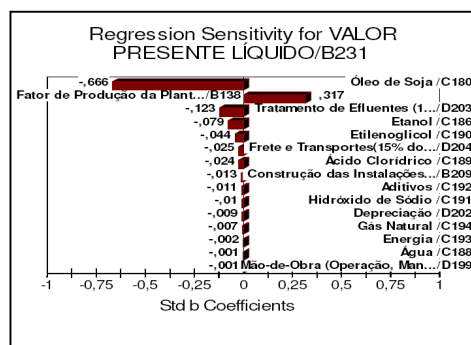
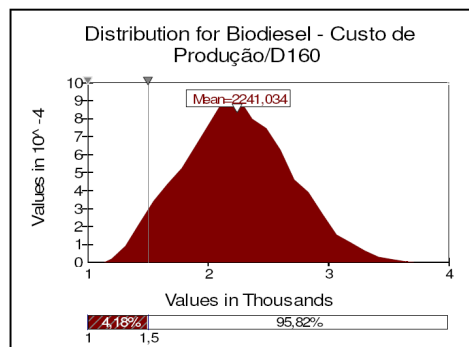
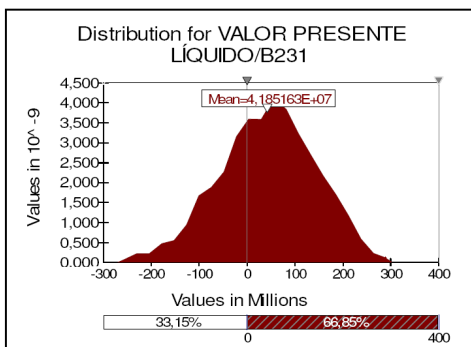
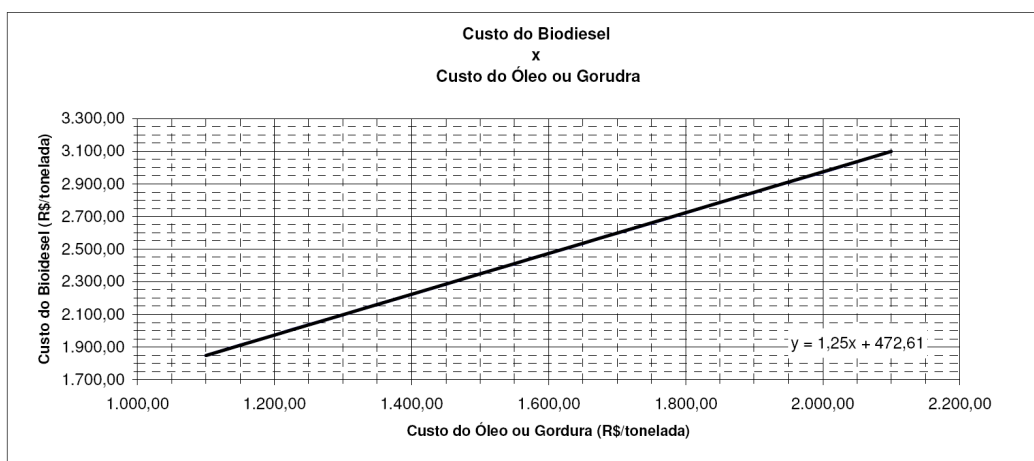
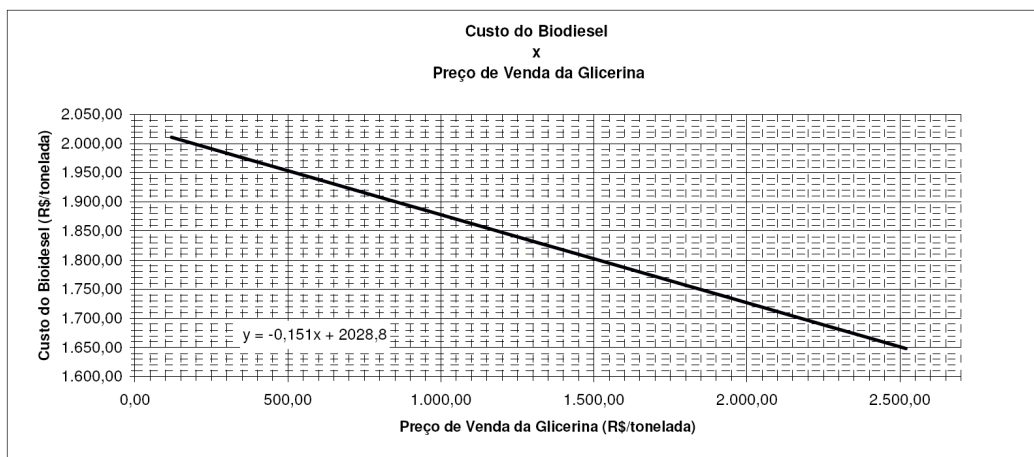


Figura C.17: Gráficos com resultados da simulação do cenário-17.

Tabela C.18: Resultados de simulação – cenário-18.

CENÁRIO		18
REGIO	SUDESTE	
TRANSERIFICACAO	METILICA	
MATERIA-PRIMA	SOJA	
SELO COMBUSTIVEL SOCIAL	NAO	
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS		
PIS (reduzido para biodiesel)	0,54%	
COFINS (reduzido para biodiesel)	2,51%	
PIS	1,65%	
COFINS	7,60%	
ICMS ESTADUAL	17,00%	
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	18,00%	
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	18,00%	
CPMF	0,38%	
CSDE	0,00%	
IPI	0,00%	
Imposto de Renda (IR)	25,00%	
Fator de Produção da Planta (PPP)	100,00%	
Dólar	2,00	
Taxa de Juros (TJ)	11,00%	
Taxa de Resgate Despesas Administrativas	2,00%	
Taxa de Frete (Custos de mão-de-obra, manutenção, ITR)	8,00%	
Item / Item de Custo		
Óleo de Soja	Tonelada	1.100,00
Óleo de Mamona	Tonelada	0,00
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00
Óleo de Beldê	Tonelada	0,00
Óleo de Canola	Tonelada	0,00
Sebo Bovino	Tonelada	0,00
Etilanol	Tonelada	1.953,39
Metanol	Tonelada	2.142,19
Água	Tonelada	18,98
Eletricidade	Tonelada	722,94
Biogás	Tonelada	7,46
Óleo Diesel	Tonelada	6,00
Óleo de Motor	Tonelada	6,00
Alfarrascos	Tonelada	550,37
Alfarrascos de Sódio	Tonelada	603,89
Alfarrascos	Tonelada	614,12
Energia	MWh	219,59
Gás Natural	Tonelada	269,71
		1.064,90
Produto		
	Unidade	Margem de Lucro Desejada
Biodiesel	Tonelada	20,00%
Óleo	Tonelada	-
Alfarrascos Sabões	Tonelada	-
Custo Líquido Unitário		
	Unidade	Custo com Impostos Unitário
		1.351,07
Preço de Venda Líquido Unitário		
	Unidade	Preço de Venda com Impostos Unitário
		2.231,09
		2.000,00
		1.479,93
		1.479,93

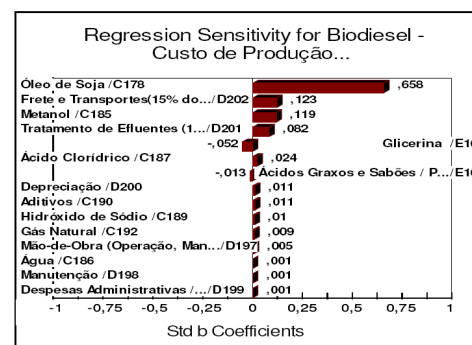
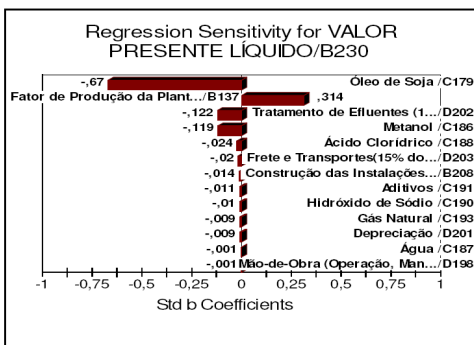
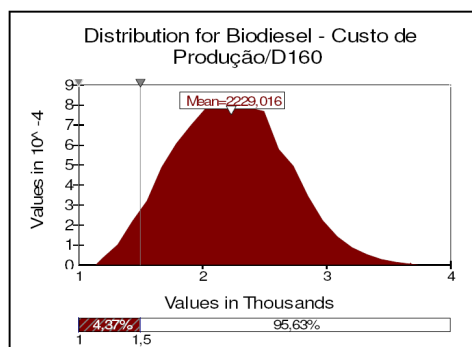
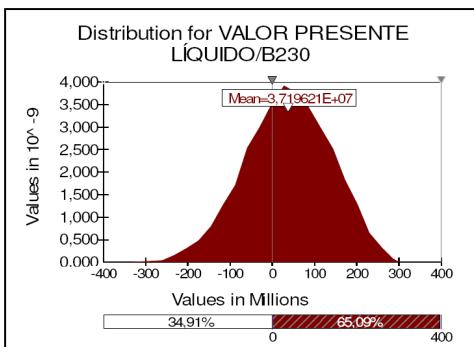
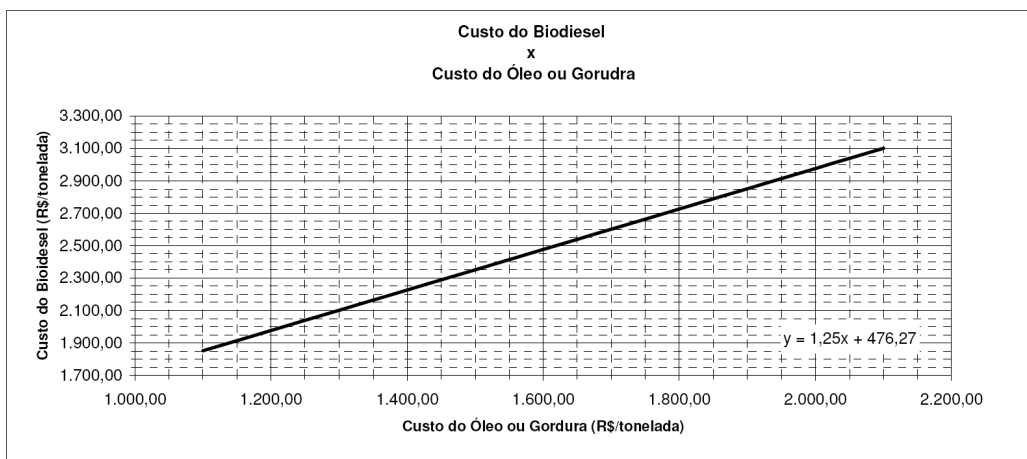
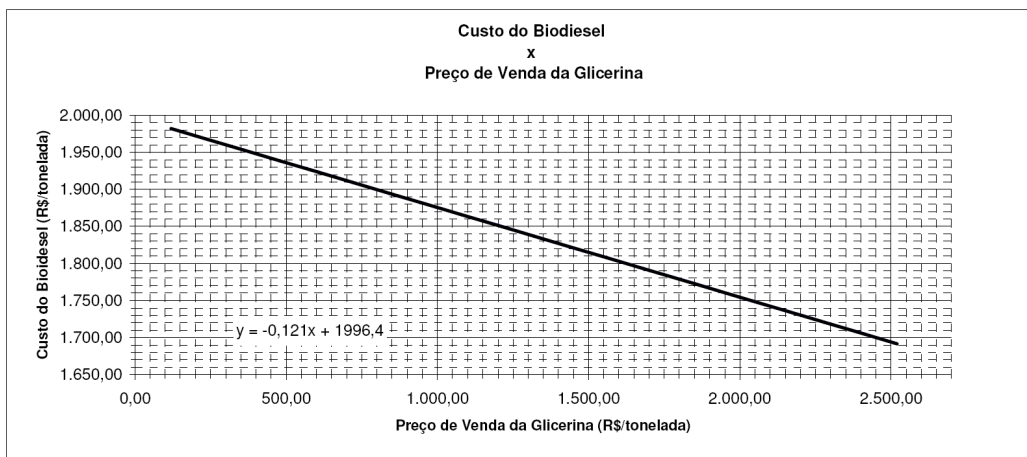


Figura C.18: Gráficos com resultados da simulação do cenário-18.

Tabela C.19: Resultados de simulação – cenário-19.

CENÁRIO 19					
REGIÃO	SUDESTE				
TRANSFORMAÇÃO	REFINADA				
MATÉRIA-PRIMA	GRASSOL				
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	NAO				
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS					
PIS (reduzido para biodiesel)	0,54%				
COFINS (reduzido para biodiesel)	2,51%				
PIS	1,65%				
COFINS	7,60%				
ICMS	7,00%				
ICMS DO ESTADO	12,00%				
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	15,00%				
TAXAS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	16,00%				
ICMS	6,00%				
CIDE	0,00%				
IPI	0,00%				
Imposto de Renda (IR)	25,00%				
Fator de Produção da Planta (FPP)	100,00%				
Dólar	2,00				
Taxa de Juros (TJ)	11,00%				
Taxa de Reajuste Despesas Administrativas	2,00%				
Taxa de Reajuste (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)	5,00%				
DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS					
Item	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário		
Óleo de Seta	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Mamona	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Girassol	Tonelada	684,35	840,55		
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00		
Suco Borno	Tonelada	808,71	993,30		
Etanol	Tonelada	0,00	0,00		
Melanol	Tonelada	18,68	22,94		
Água	Tonelada	622,53	778,90		
Eletricità	Tonelada	4,25	5,10		
Eletricità	Tonelada	250,59	312,74		
Arbitrio de Sólido	Tonelada	50,00	61,12		
Arbitrio de Sólido	Tonelada	50,00	61,12		
Energia	MWh	219,59	269,71		
Sala Natural	Tonelada	1,064,80	1.307,84		
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1,328,04	1,680,06	2,028,23
Alcateras	Tonelada	-	0,00	1,200,00	1,473,30
Ácidos Graxos Sábões	Tonelada	-	0,00	1,200,00	1,473,30

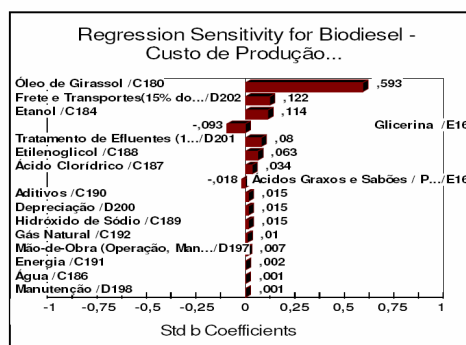
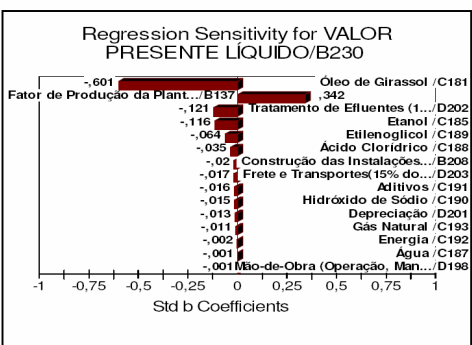
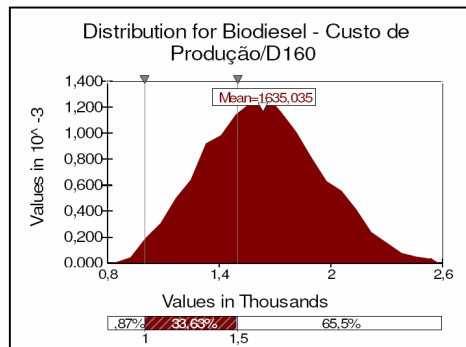
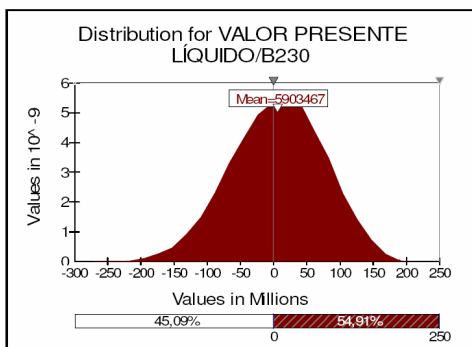
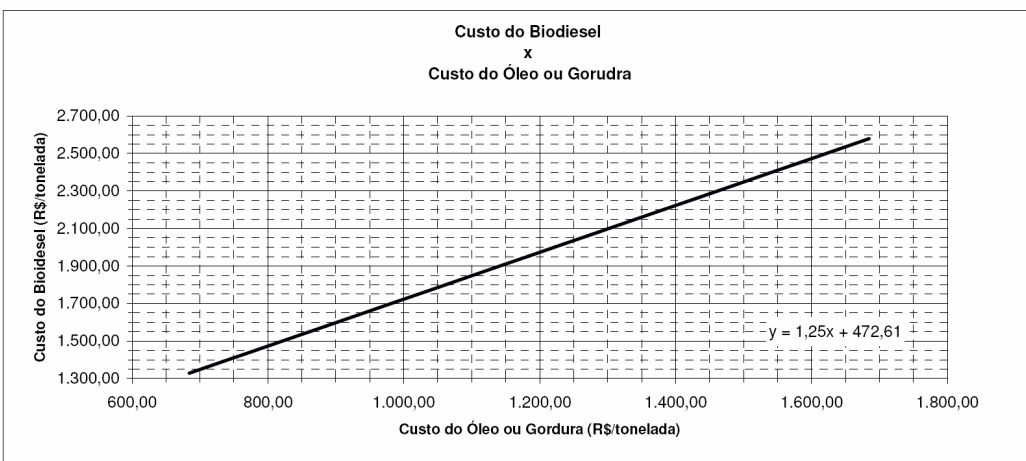
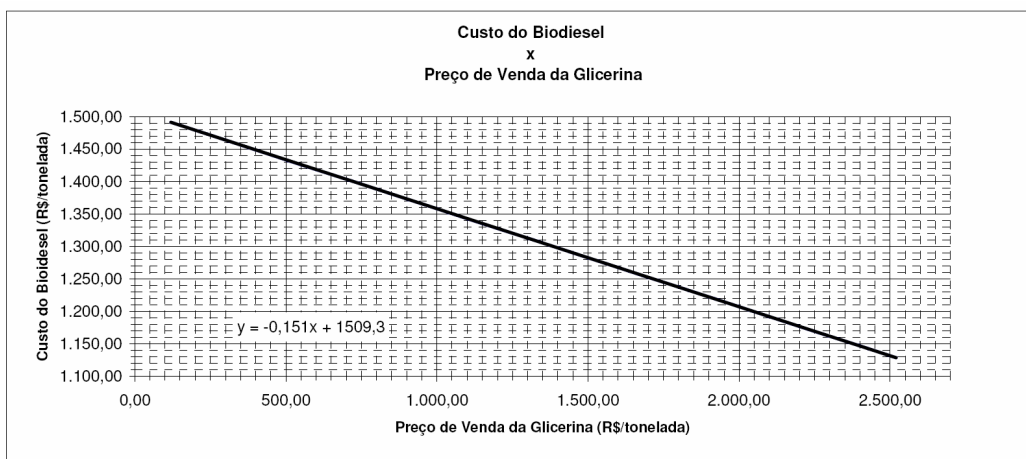


Figura C.19: Gráficos com resultados da simulação do cenário-19.

Tabela C.20: Resultados de simulação – cenário-20.

CENÁRIO		20			
REGIÃO	SUDESTE				
TRANSESTERIFICAÇÃO	METILICA				
MATERIA PRIMA	GRASSOL				
SELO COMBUSTIVEL SOCIAL	NAO				
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS					
PIS (reduzido para biodiesel)	0,54%				
COFINS (reduzido para biodiesel)	2,51%				
PIS	1,65%				
COFINS	7,69%				
ICMS7	7,00%				
ICMS DO ESTADO	12,00%				
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	15,00%				
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	15,00%				
CPMF	0,38%				
DIJE	0,0%				
Imposto de Renda (IR)	0,0%				
Imposto de Renda (IR)	25,00%				
Fator de Produção da Planta (FPP)	100,00%				
Dólar	2,00				
Taxa de Juros (TJ)	11,00%				
Taxa de Freiguste Despesas Administrativas	2,00%				
Taxa de Freiguste (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TF)	8,00%				
DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS					
Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário		
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Canola	Tonelada	694,35	840,55		
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00		
Sabo Bivino	Tonelada	0,00	0,00		
Etanol	Tonelada	0,00	0,00		
Melanol	Tonelada	1,953,39	2,142,19		
Água	Tonelada	18,68	22,34		
Ácido Clorídrico	Tonelada	632,53	776,90		
Etileno glicol	Tonelada	0,00	0,00		
Hidróxido de Sódio	Tonelada	550,67	603,89		
Aditivos	Tonelada	500,00	674,12		
Energia	MWh	279,59	299,71		
Sale Natural	Tonelada	1,064,90	1,307,84		
Produtos					
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1,331,71	1,664,64	2,031,88
Glicetina	Tonelada	-	0,00	1,200,00	1,475,90
Ácidos Graxos/Sabões	Tonelada	-	0,00	1,200,00	1,475,90

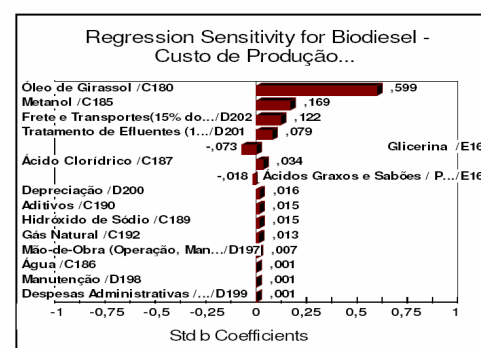
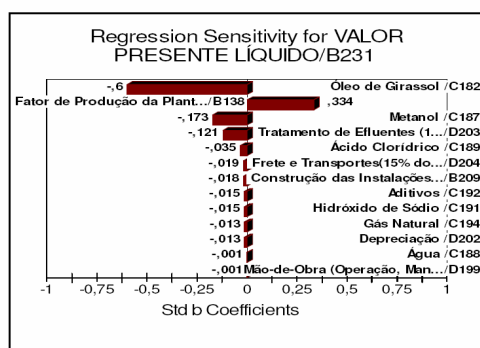
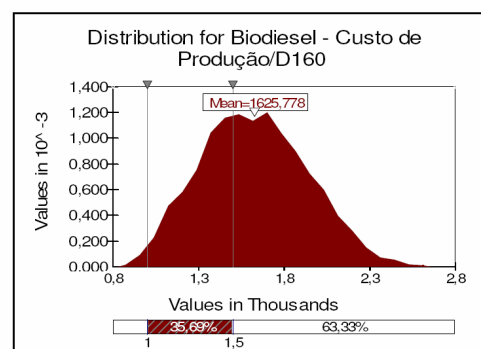
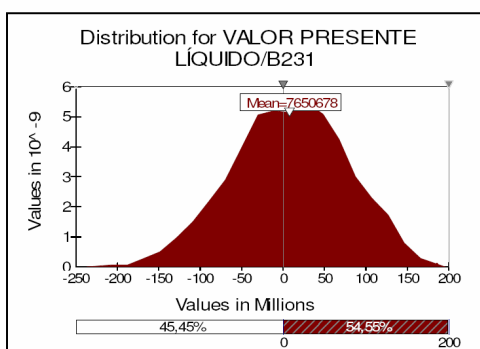
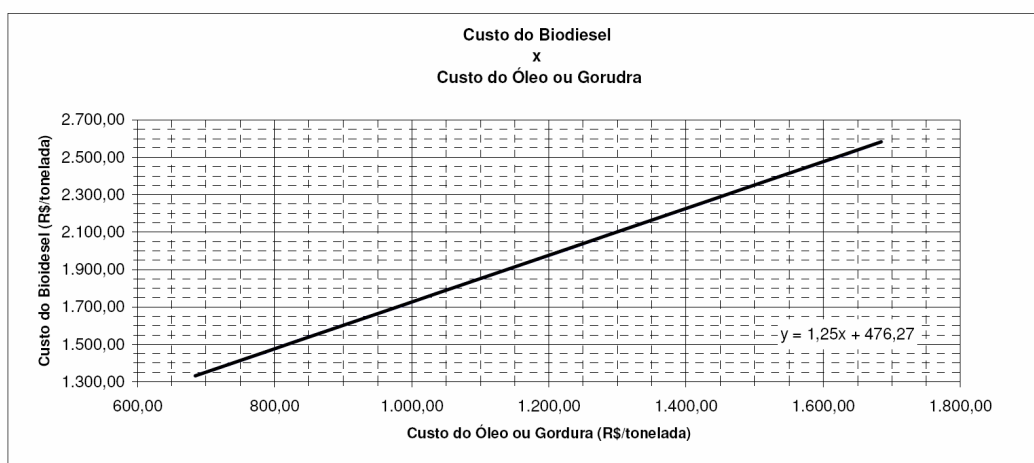
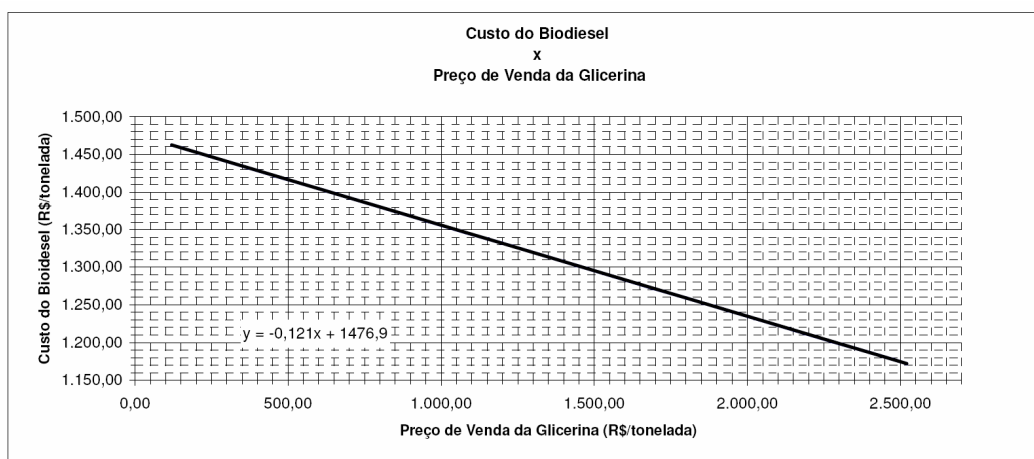


Figura C.20: Gráficos com resultados da simulação do cenário-20.

Tabela C.21: Resultados de simulação – cenário-21.

CENÁRIO		21			
REGIÃO	SUDESTE				
TRANSFORMAÇÃO	BIODIESEL				
MATÉRIA-PRIMA	SOJA				
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	NAO				
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS					
PIS (reduzido para biodiesel)	0,54%				
COFINS (reduzido para bio-diesel)	2,51%				
PIS	1,85%				
COFINS	7,69%				
ICMS*	7,00%				
ICMS DO ESTADO	12,00%				
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	12,00%				
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	18,00%				
CIDE	0,8%				
CIDE	0,00%				
IPI	0,00%				
Imposto de Renda (IR)	25,00%				
Fator de Produção da Planta (FPP)	100,00%				
Dólar	2,00				
Taxa de Juros (TJ)	11,00%				
Taxa de Requite Despesa Administrativas	2,00%				
Taxa de Requite (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)	8,00%				
Custo Líquido com Impostos					
Item / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário		
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Mirassol	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Grassol	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Dendê	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00		
Sépio Bovino	Tonelada	650,00	798,36		
Etenol	Tonelada	808,71	993,30		
Melancol	Tonelada	0,00	0,00		
Água	Tonelada	18,68	22,94		
Ácido Clorídrico	Tonelada	632,33	776,90		
Etenoglicol	Tonelada	4.856,89	5.105,39		
Etanol	Tonelada	550,07	693,39		
Etanol de Soja	Tonelada	616,82	693,39		
Etanol	MWh	219,39	269,71		
Sólido Natural	Tonelada	1.064,80	1.307,84		
Margem de Lucro Desejada					
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.285,11	1.506,38	1.881,07
Alcoetona	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,90
Ácidos Graxos Saturados	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,90

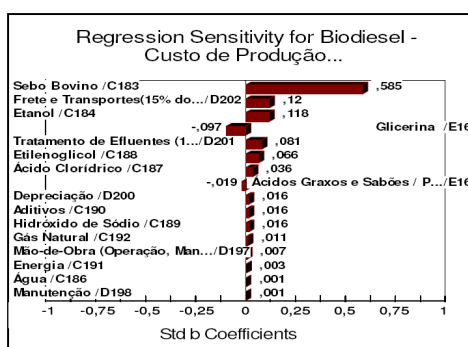
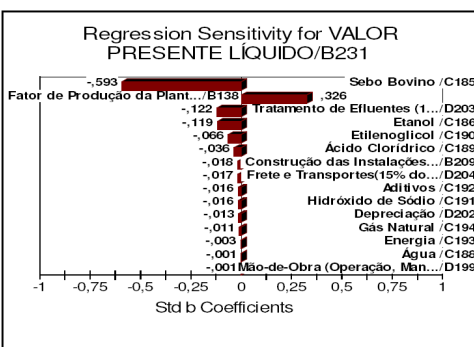
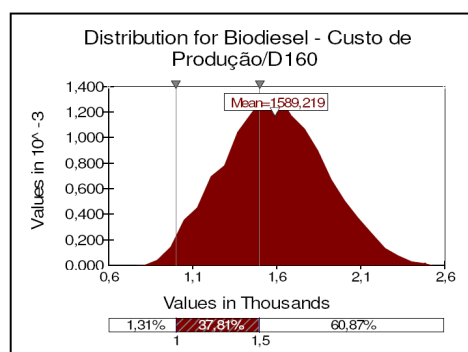
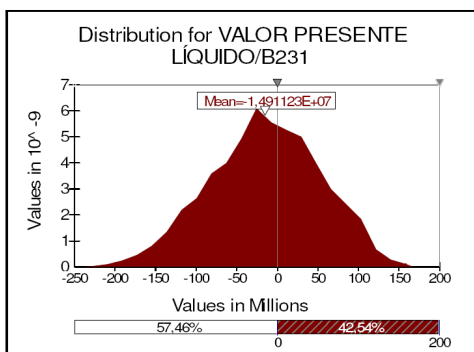
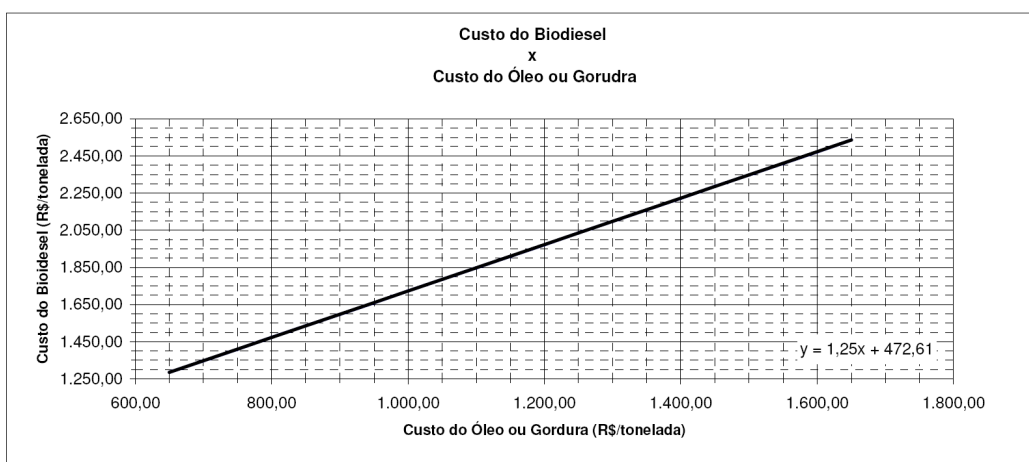
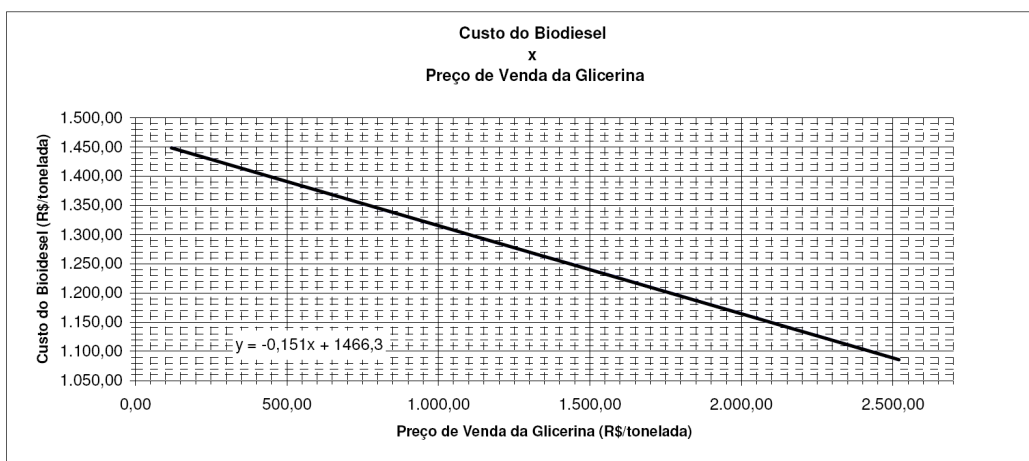


Figura C.21: Gráficos com resultados da simulação do cenário-21.

Tabela C.22: Resultados de simulação – cenário-22.

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS					
CENÁRIO	22				
REGIÃO	SUDESTE				
TRANSFORMAÇÃO	METLICA				
MATÉRIA-PRIMA	SÉRIO				
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	NAO				
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS					
PIIS (reduzido para biodiesel)	0,54%				
COFINS (reduzido para biodiesel)	2,51%				
PIIS	1,65%				
COFINS	7,60%				
CMST	7,00%				
CMIS DO ESTADOS	12,00%				
CMIS ESTADUAL BIODIESEL	12,00%				
COPR DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	10,00%				
CIPR	0,30%				
CIPTE	0,30%				
IPI	0,00%				
Imposto de Renda (IR)	25,00%				
Fator de Produção da Planta (PPP)	100,00%				
Dólar	2,00				
Taxa de Juros (TJ)	11,00%				
Taxa de Resgate Despesas Administrativas	2,00%				
Taxa de Resgate (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)	8,00%				
Insutmo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário		
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Mamona	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Dendê	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00		
Sépio Bovino	Tonelada	650,00	798,36		
Etanol	Tonelada	0,00	0,00		
Melancol	Tonelada	1.953,39	2.142,19		
Água	Tonelada	18,68	22,94		
Ácido Clorídrico	Tonelada	632,53	775,90		
Etenoglicol	Tonelada	0,00	0,00		
Ácido Fólico	Tonelada	550,67	693,89		
Aditivos	Tonelada	210,32	263,71		
Sal Natural	Tonelada	1.064,80	1.307,84		
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.285,77	1.610,97	1.886,38
Glicerina	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.475,90
Ácidos Graxos Sábões	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.475,90

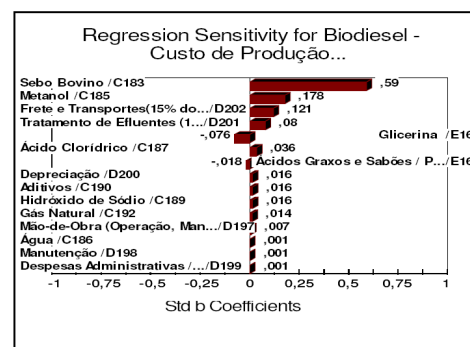
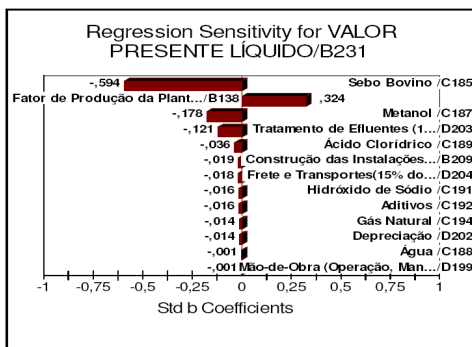
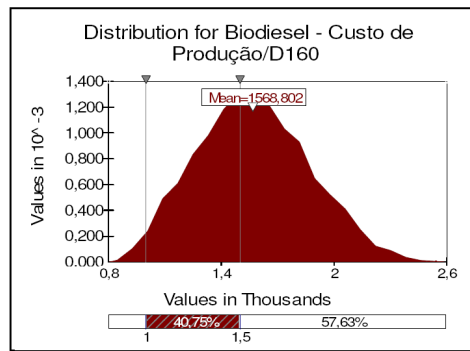
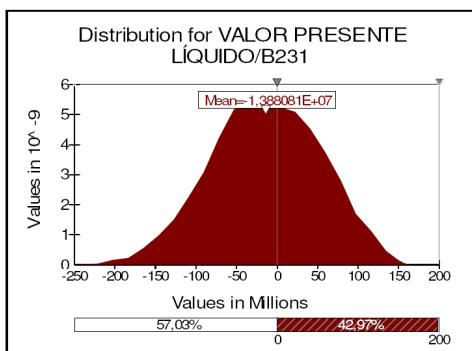
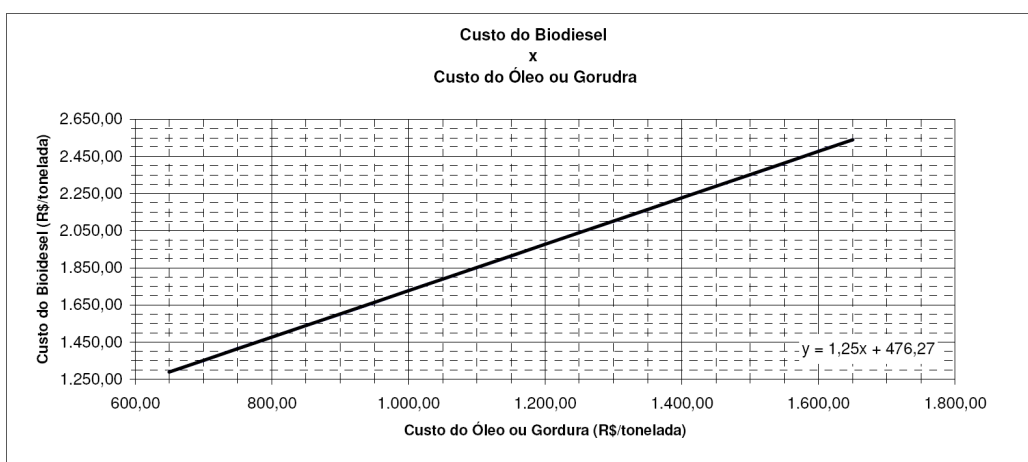
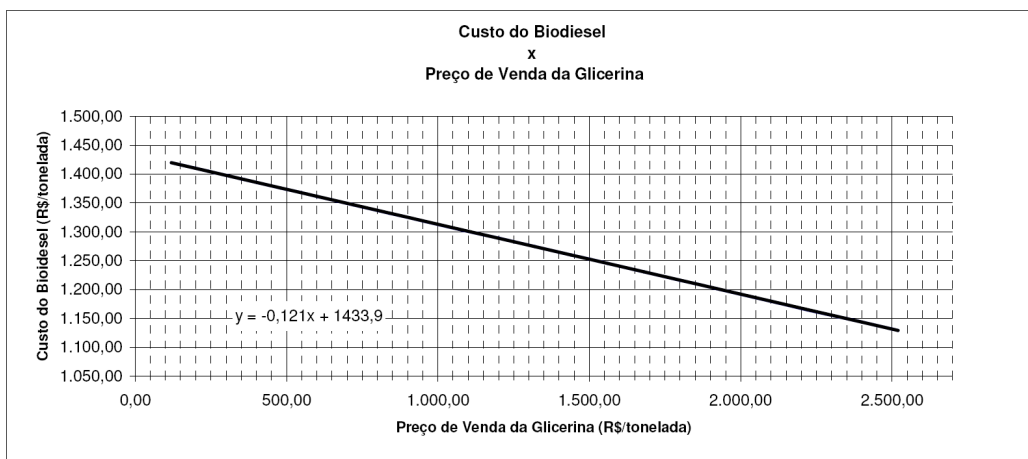


Figura C.22: Gráficos com resultados da simulação do cenário-22.

Tabela C.23: Resultados de simulação – cenário-23.

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS					
CENÁRIO	23				
REGIÃO	SUL				
TRANSESTERIFICAÇÃO	ÉTRICA				
MATERIA-PRIMA	COLZA				
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	NAO				
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS					
PIS (reduzido para biodiesel)	0,54%				
COFINS (reduzido para biodiesel)	2,51%				
PIS	1,65%				
COFINS	7,60%				
ICMS	7,00%				
ICMS DO ESTADO	12,00%				
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	0,00%				
TAXA DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	0,398%				
CPMF	0,398%				
CIDE	0,00%				
IPI	0,00%				
Imposto de Renda (IR)	25,00%				
Fator de Produção da Planta (FPP)	100,00%				
Dólar	2,00				
Taxa de Juros (TJ)	11,00%				
Taxa de Reajuste Despesas Administrativas	2,00%				
Taxa de Reajuste (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)	8,00%				
Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário		
Óleo de Seta	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo da Mamona	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Dendê	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Canola	Tonelada	1.118,75	1.374,11		
Suco Bovino	Tonelada	0,00	0,00		
Etanol	Tonelada	879,47	1.080,21		
Melanol	Tonelada	0,00	0,00		
Água	Tonelada	32,71	40,18		
Acido Clorídrico	Tonelada	5.740,06	6.983,97		
Eletrorgânico	Tonelada	1.418,83	1.738,61		
Eletrólito de Sódio	Tonelada	646,58	795,81		
Aditivo de Estabilização	Tonelada	500,00	614,12		
Energia	MWh	188,85	234,24		
Gás Natural	Tonelada	1.557,27	1.912,72		
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.929,94	2.412,42	2.919,57
Aditivos	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,26
Aditivos Graves: Sabões	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,26

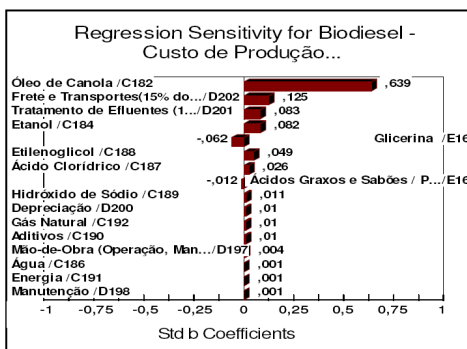
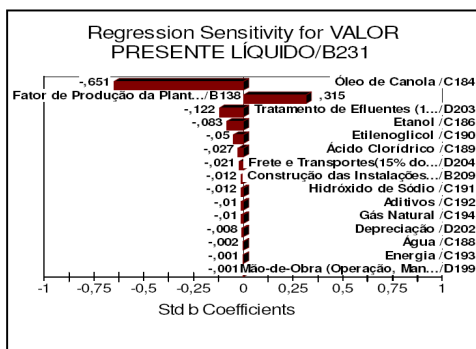
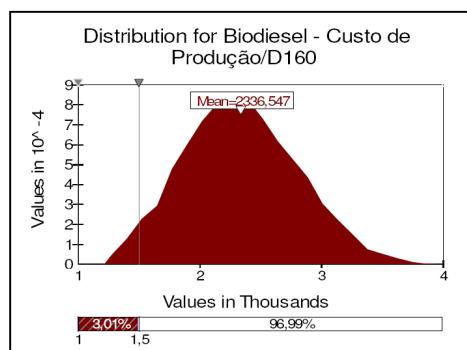
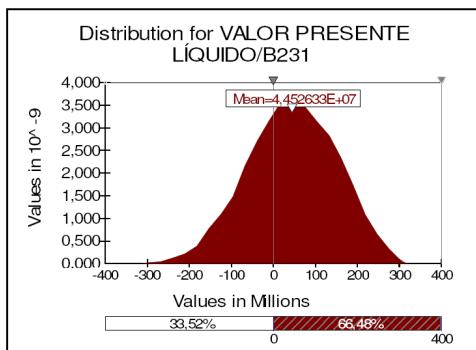
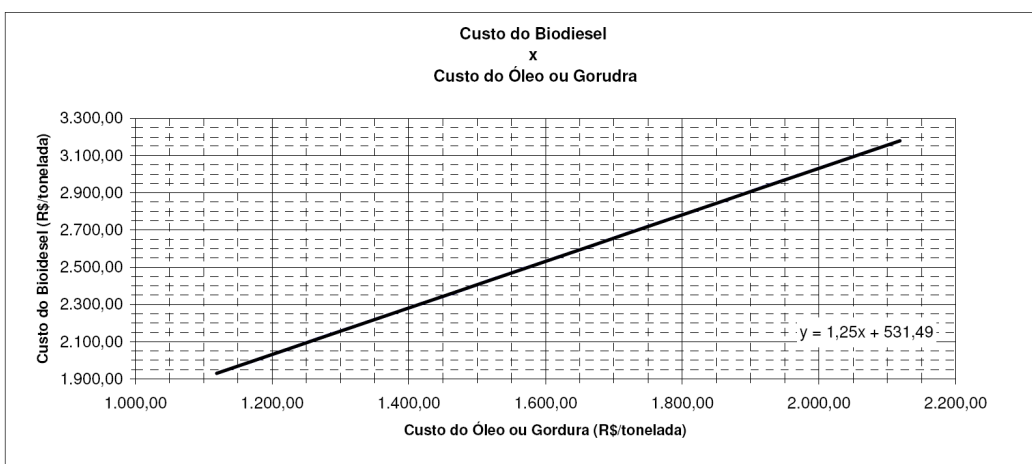
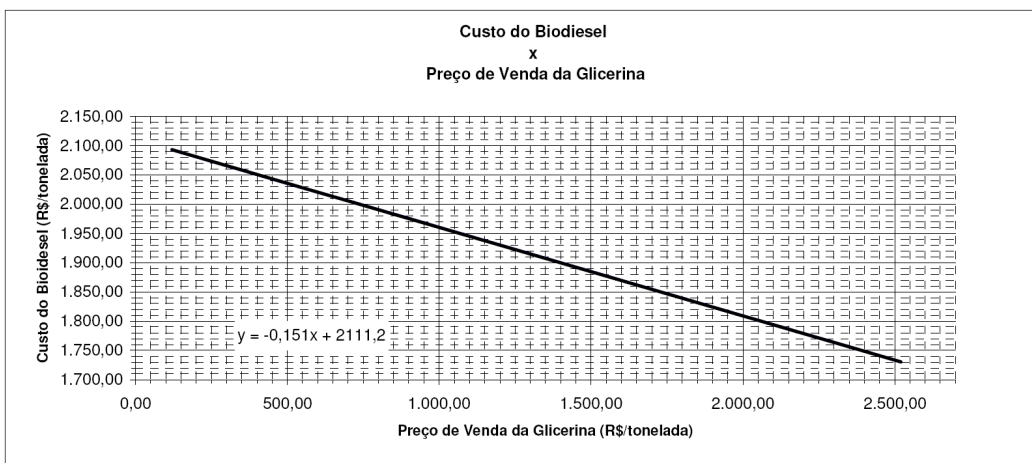


Figura C.23: Gráficos com resultados da simulação do cenário-23.

Tabela C.24: Resultados de simulação – cenário-24.

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS					
CEMÁRIO	24				
SELO	50				
TRANSISTÉRICAÇÃO	MÉLICA				
MATERIA-PRIMA	COIÇA				
SELO COMBUSTIVEL SOCIAL	NAO				
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS					
PIIS (reduzido para biodiesel)	0,54%				
COFINS (reduzido para biodiesel)	2,51%				
PIIS	1,65%				
COFINS	7,60%				
COMISSÃO ESTADUAL	2,00%				
TAXAS ESTADUAL PRODIESE	17,00%				
TAXAS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	18,00%				
CPMF	0,38%				
CIDE	0,00%				
IPI	0,00%				
Imposto de Renda (IR)	25,00%				
Fator de Produção da Planta (FPP)	100,00%				
Dólar	2,00				
Taxa de Juros (TJ)	11,00%				
Taxa de Resgate Despesas Administrativas	2,00%				
Taxa de Manutenção (Custo de mão-de-obra, manutenção) (TR)	8,00%				
Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário		
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Mamona	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Dendê	Tonelada	1,1187/9	0,00		
Óleo de Canola	Tonelada	1,374,11	0,00		
Selo Evonox	Tonelada	0,00	0,00		
Água	Tonelada	2,285,47	2,508,36		
Acido Clorídrico	Tonelada	32,71	40,18		
Etileno glicol	Tonelada	740,06	903,97		
Hidróxido de Sódio	Tonelada	0,00	0,00		
Acilicos	Tonelada	644,29	706,56		
Energia	MWh	500,00	614,12		
Gás Natural	MWh	196,65	244,24		
	Tonelada	1,557,27	1,912,72		
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desajada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1,945,07	2,481,33	2,942,58
Glicerina	Tonelada	-	0,00	1,200,00	1,473,90
Acidos Graxos/Sabões	Tonelada	-	0,00	1,200,00	1,473,90

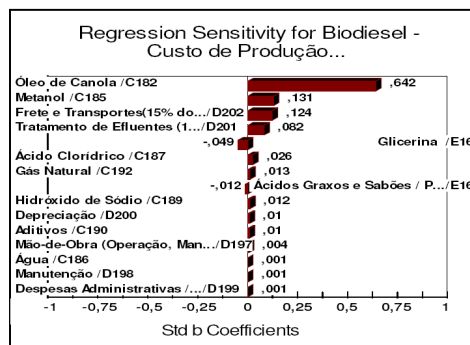
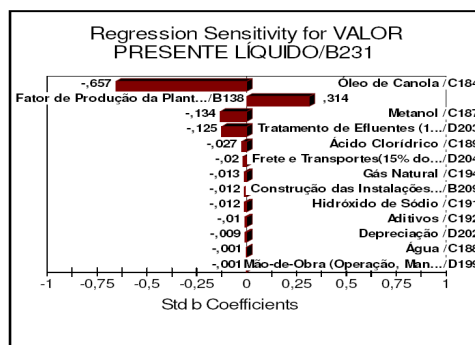
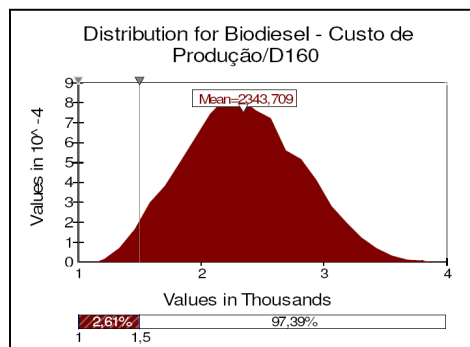
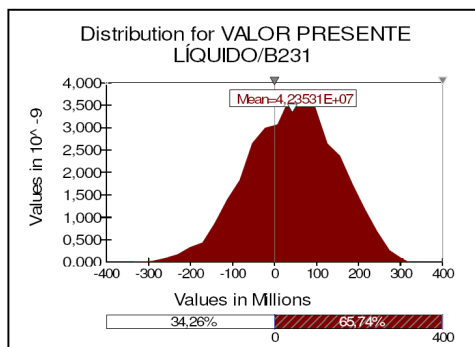
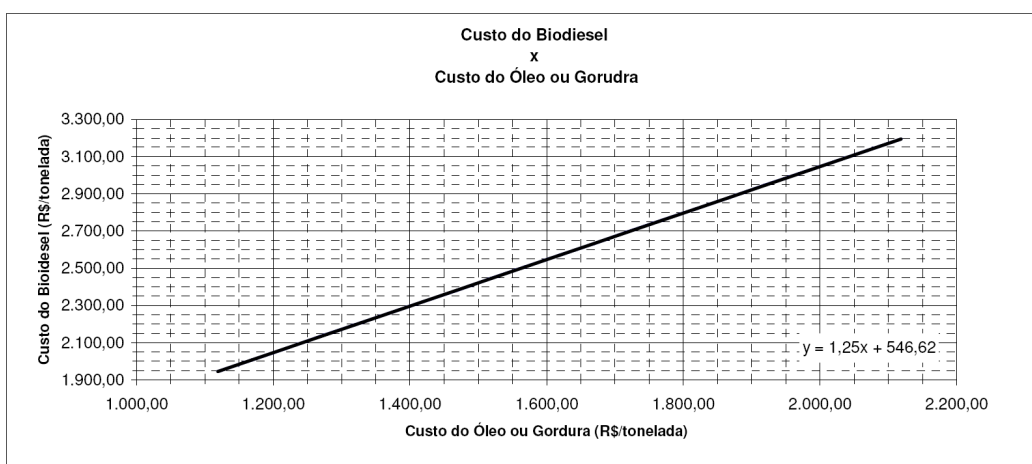
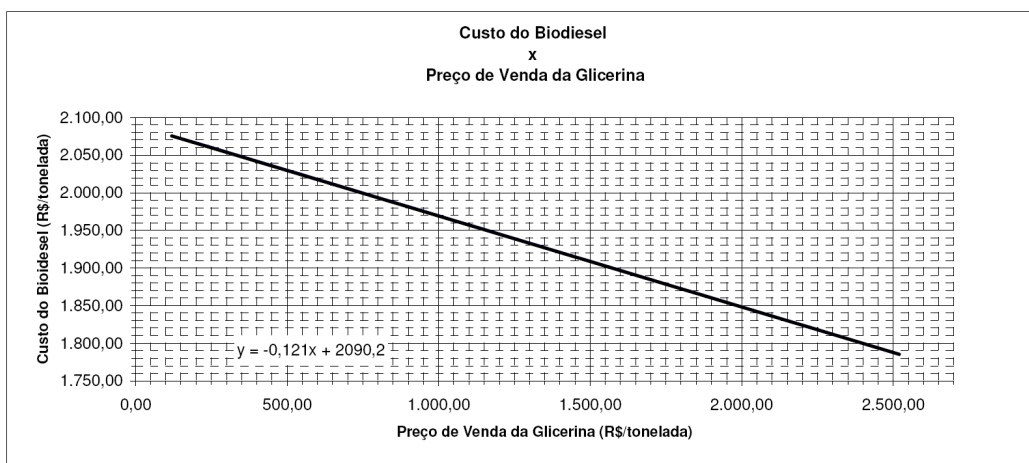


Figura C.24: Gráficos com resultados da simulação do cenário-24.

Tabela C.25: Resultados de simulação – cenário-25.

CENÁRIO		25
REGIO	SUL	
TRANSFORMAÇÃO	ETILICA	
MATERIA-PRIMA	SOJA	
SELO COMBUSTIVEL SOCIAL	NAO	

ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS		
PIB (reduzido para biodiesel)		0,54%
COFINS (reduzido para biodiesel)		2,51%
PIS		1,65%
COFINS		7,60%
ICMS ESTADUAL		7,00%
ICMS ESTADUAL RONDONIENSE		17,00%
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL		18,00%
CPMF		0,38%
CIDE		0,00%
IPI		0,00%
Imposto de Renda (IR)		25,00%
Fator de Produção da Planta (PPP)		100,00%
Dólar		2,00
Taxa de Juros (TJ)		11,00%
Taxa de Freio de Despesa Administrativas		2,00%
Taxa de Freio de Custos de mão-de-obra, manutenção (TR)		8,00%

Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	1.100,00	1.351,07
Óleo de Mamona	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Dendê	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00
Sabo Bovino	Tonelada	879,47	1.080,21
Etanol	Tonelada	0,00	0,00
Metanol	Tonelada	32,71	40,18
Água	Tonelada	7,40	9,25
Ácido Clorídrico	Tonelada	5,44	6,70
Amônia	Tonelada	44,58	54,73
Etanol de Celulose	Tonelada	64,58	80,72
Alcool de Sólido	Tonelada	500,00	614,12
Energia	MWh	188,85	244,24
Gás Natural	Tonelada	1.557,27	1.912,72

Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.905,49	2.285,12	2.884,27
Alcool	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,50
Ácidos Graxos Saturados	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,50

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS

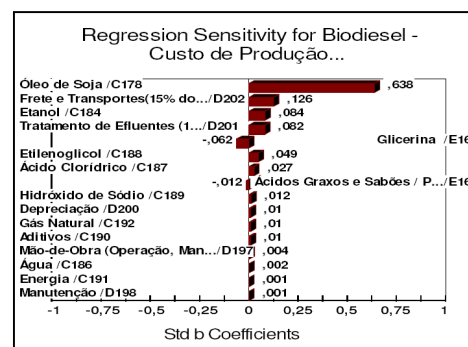
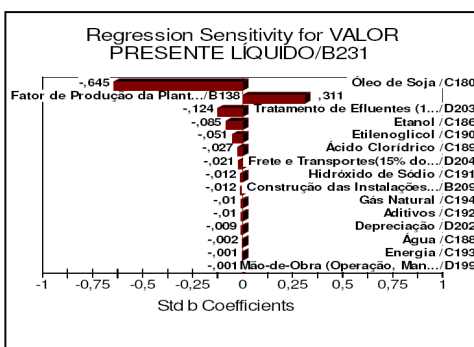
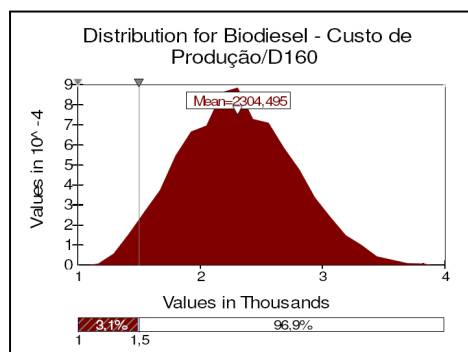
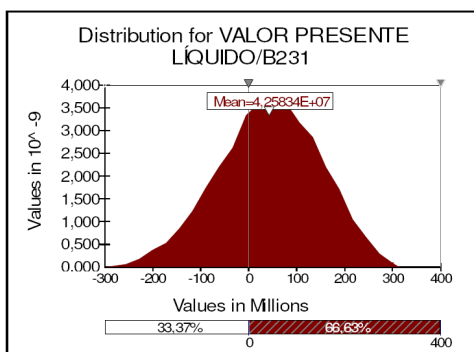
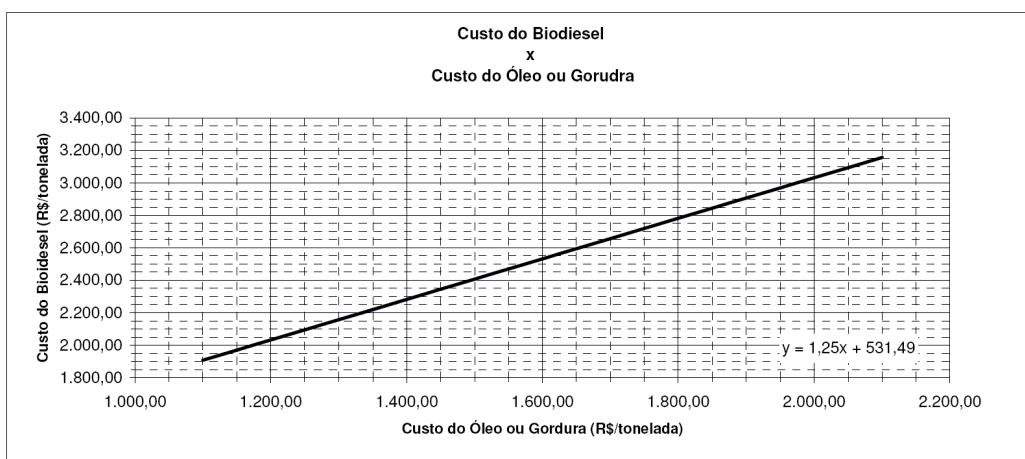
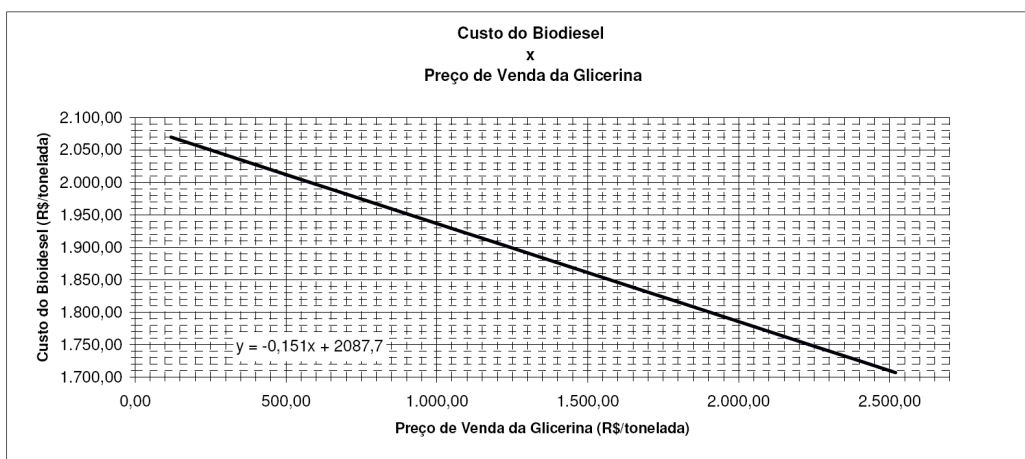


Figura C.25: Gráficos com resultados da simulação do cenário-25.

Tabela C.26: Resultados de simulação – cenário-26.

CENÁRIO		26	DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS		
REGIO	SUL				
TRANSESTERIFICACAO	METILICA				
MATERIA-PRIMA	SOJA				
SELO COMBUSTIVEL SOCIAL	NAO				
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS					
PIS (reduzido para biodiesel)		0,54%			
COFINS (reduzido para biodiesel)		2,51%			
PIS		1,65%			
COFINS		7,60%			
ICMS		17,00%			
TOM DO ESTADO		17,00%			
ICMS ESTADUAL BIODIESEL		18,00%			
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL		0,38%			
CPMF		0,00%			
GUDE		0,00%			
IFI		0,00%			
Imposto de Renda (IR)		25,00%			
Fator de Produção da Planta (FPP)		100,00%			
Taxa de Juros (TJ)		11,00%			
Taxa de Reajuste Despesas Administrativas		2,00%			
Taxa de Reajuste (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)		5,00%			
Insunho / Item de Custo					
Insunho / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário		
Óleo de Soja	Tonelada	1.100,00	1.351,07		
Óleo da Mamona	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de dendê	Tonelada	0,00	0,00		
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00		
Selo Bovino	Tonelada	0,00	0,00		
Etanol	Tonelada	2.285,37	2.505,38		
Metanol	Tonelada	52,71	60,18		
Água	Tonelada	7,40	8,40		
Óleo Quilificado	Tonelada	0,00	0,00		
Sulfato	Tonelada	6,44	7,06		
Hidróxido de Sódio	Tonelada	500,00	614,12		
Aditivos	MWh	198,85	244,24		
Energia	Tonelada	1.557,27	1.912,72		
Gas Natural	Tonelada				
Produto					
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.921,62	2.402,03	2.697,10
Sulcama	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.472,90
Aditivos Graxos/Sabões	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.472,90

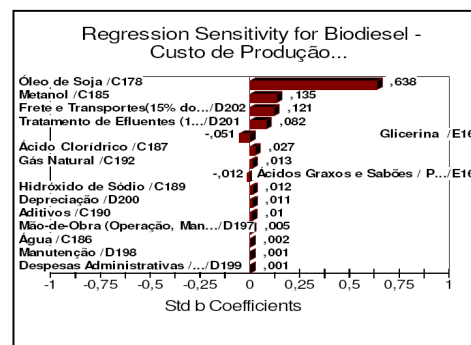
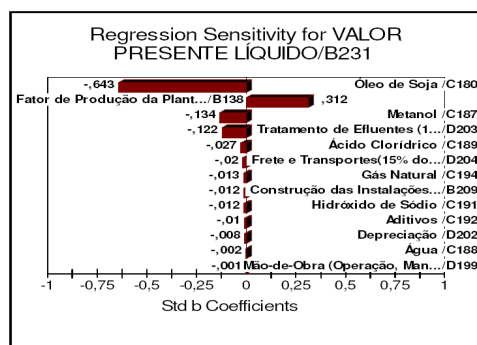
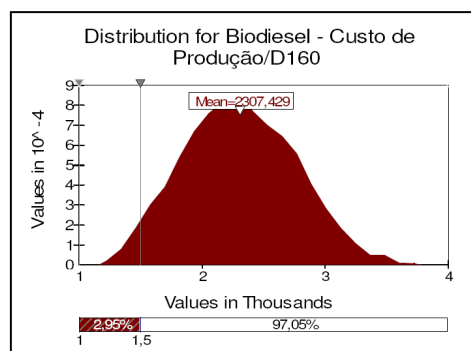
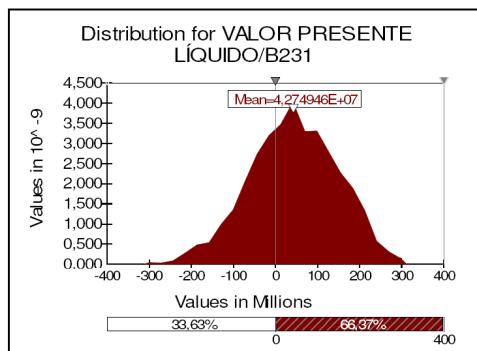
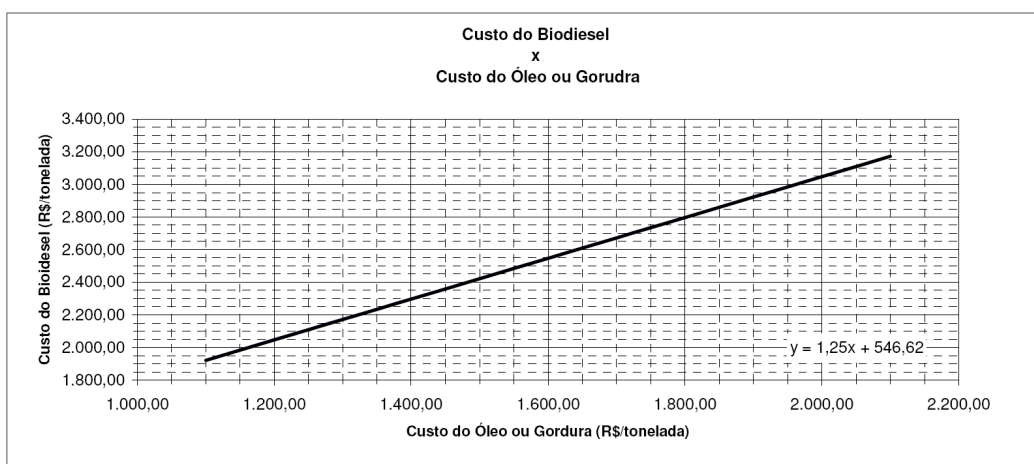
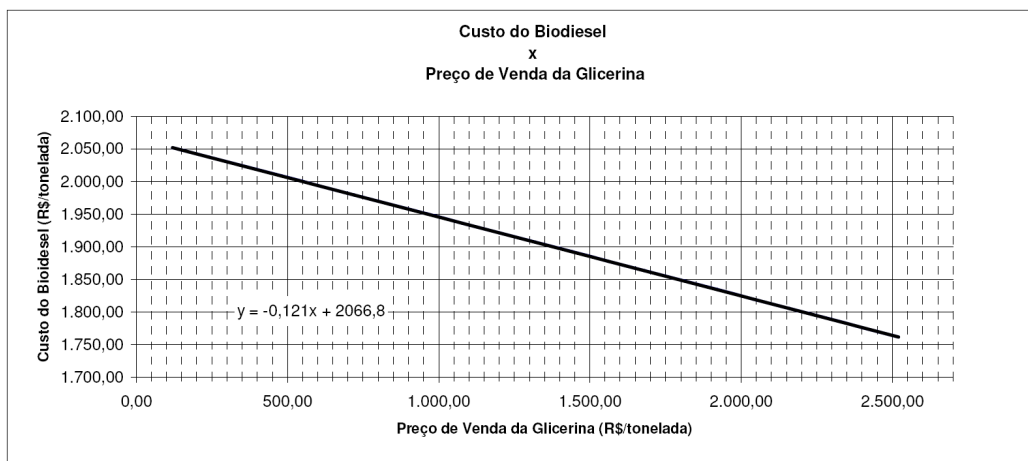


Figura C.26: Gráficos com resultados da simulação do cenário-26.

Tabela C.27: Resultados de simulação – cenário-27.

CENÁRIO 27	
CENÁRIO	27
REGIÃO	SUL
TRANSFORMAÇÃO	ÉTILICA
MATÉRIA-PRIMA	GRASSOL
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	NAO
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS	0,540%
PIS (reduzido para biodiesel)	2,51%
COFINS (reduzido para biodiesel)	1,65%
PIS	7,60%
COFINS	7,00%
ICMS DO ESTADO	12,00%
ICMS ESTADUAL BIODIESEL	17,00%
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	18,00%
ICMS	8,8%
ICMS	0,00%
IRPJ	0,00%
Imposto de Renda (IR)	25,00%
Fator de Produção da Planta (FPP)	100,00%
Dólar	2,00
Taxa de Juros (TJ)	11,00%
Taxa de Freajuste Despesas Administrativas	2,00%
Taxa de Freajuste (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TF)	8,00%

Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Mamona	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Girassol	Tonelada	84,35	84,35
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00
Selo Bovino	Tonelada	0,00	0,00
Etanol	Tonelada	879,47	1.080,21
Miranol	Tonelada	0,00	0,00
Água	Tonelada	32,71	40,18
Ácido Clorídrico	Tonelada	740,08	908,97
Etilenoglicol	Tonelada	5.448,56	5.975,17
Hidróxido de Sódio	Tonelada	644,29	706,56
Aditivos	Tonelada	500,00	614,12
Energia	MWh	198,85	244,24
Gás Natural	Tonelada	1.557,27	1.912,72

Produto	Unidade	Margem de Lucro Desajustada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.385,93	1.733,68	2.098,20
Glicéina	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,90
Ácidos Graxos/Sabões	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,90

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS

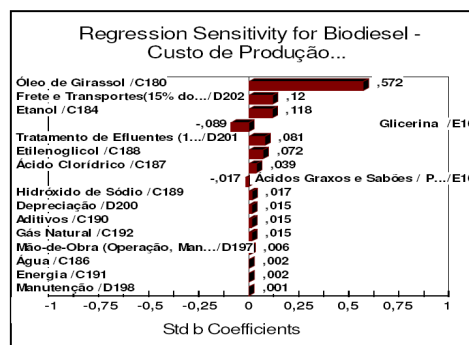
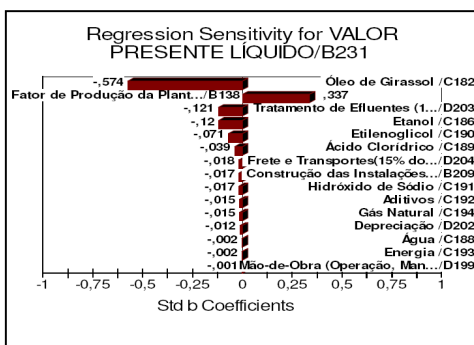
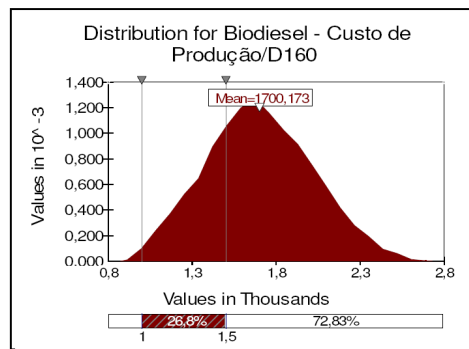
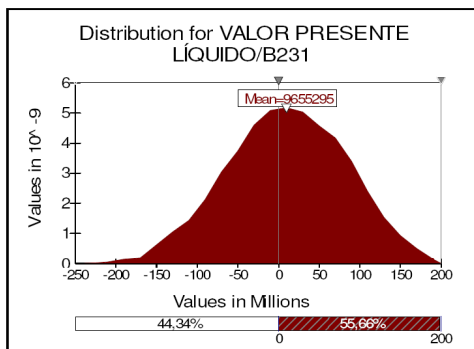
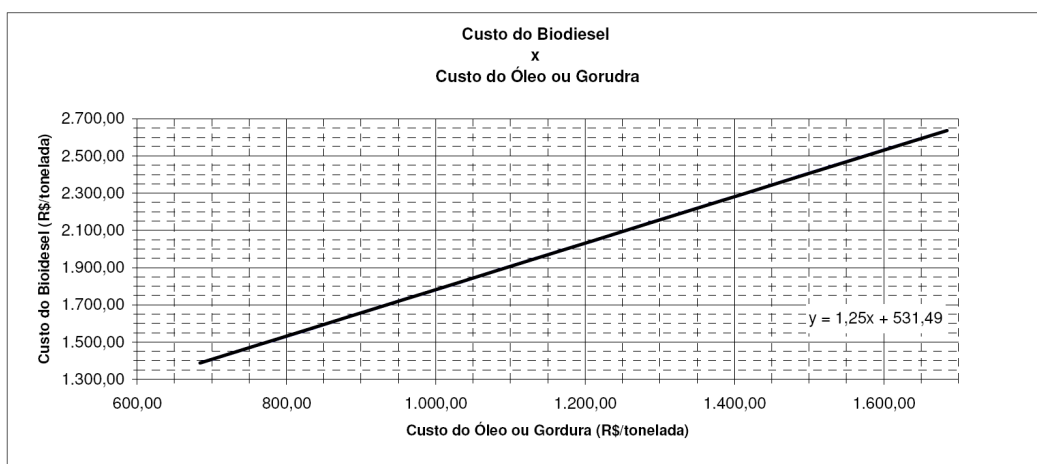
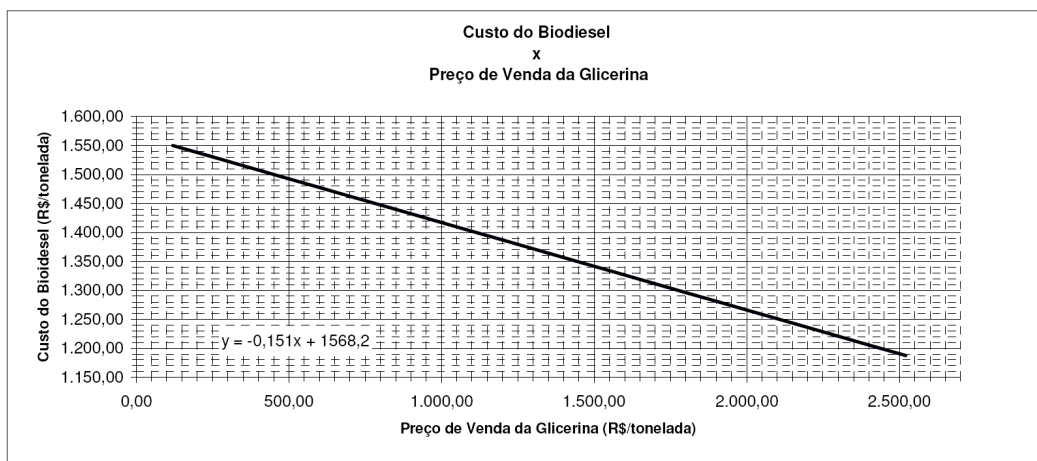


Figura C.27: Gráficos com resultados da simulação do cenário-27.

Tabela C.28: Resultados de simulação – cenário-28.

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS							
GENÉRIO	28						
REGIÃO	SUI						
TRANSFORMAÇÃO	METLGA						
MATÉRIA-PRIMA	GRASSOL						
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL	NAO						
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS							
PIB (reduzido para biodiesel)	0,54%						
COFINS I (reduzido para a biodiesel)	2,51%						
PIB	1,85%						
COFINS	7,80%						
ICMS7	7,00%						
CMS DO ESTADO	12,00%						
CMS DO BRASIL	1,00%						
CMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL	1,00%						
CPMF	0,38%						
CPMF	0,00%						
IR	0,00%						
Imposto de Renda (IR)	25,00%						
Fator de Produção da Planta (PPP)	100,00%						
Dólar	2,00						
Taxa de Juros (T.J)	11,00%						
Taxa de Reajuste Despesas Administrativas	2,00%						
Taxa de Reajuste (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)	8,00%						
Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00				
Óleo de Mamona	Tonelada	0,00	0,00				
Óleo de Girassol	Tonelada	684,35	840,55				
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00				
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00				
Sabo Bovino	Tonelada	0,00	0,00				
Etenol	Tonelada	0,00	0,00				
Metanol	Tonelada	2.285,47	2.506,38				
Água	Tonelada	32,71	40,18				
Ácido Clorídrico	Tonelada	740,08	908,97				
Etanol	Tonelada	0,00	0,00				
Etanol	Tonelada	644,20	708,58				
Aditivo de Sulfato	Tonelada	500,00	614,12				
Energia	MWh	188,85	244,24				
Gas Natural	Tonelada	1.557,27	1.912,72				
Produto	Unidade						
Biodiesel	Tonelada			20,00%	1.402,06	1.752,58	2.121,09
Alcool	Tonelada			-	0,00	1.200,00	1.473,00
Alcool Grãos/Sobras	Tonelada			-	0,00	1.200,00	1.473,00

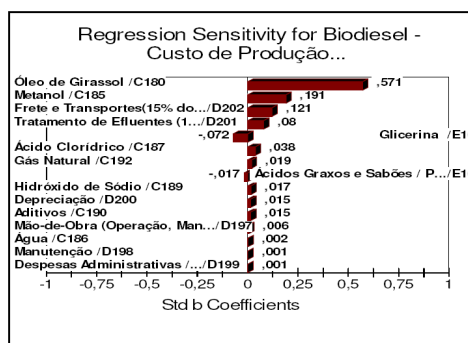
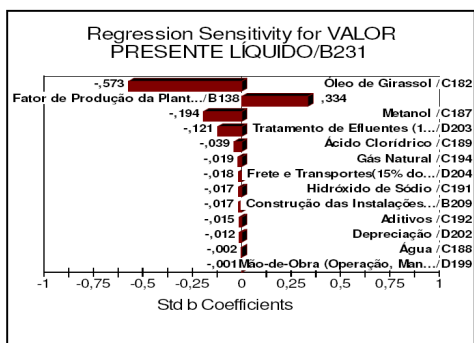
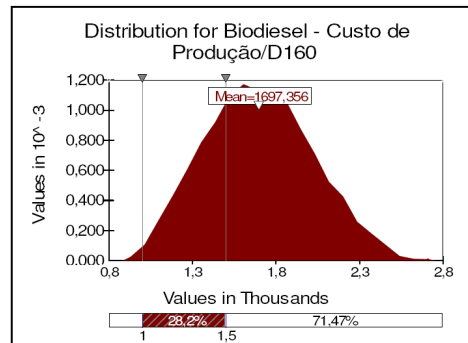
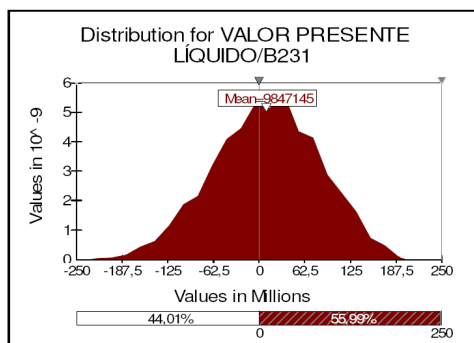
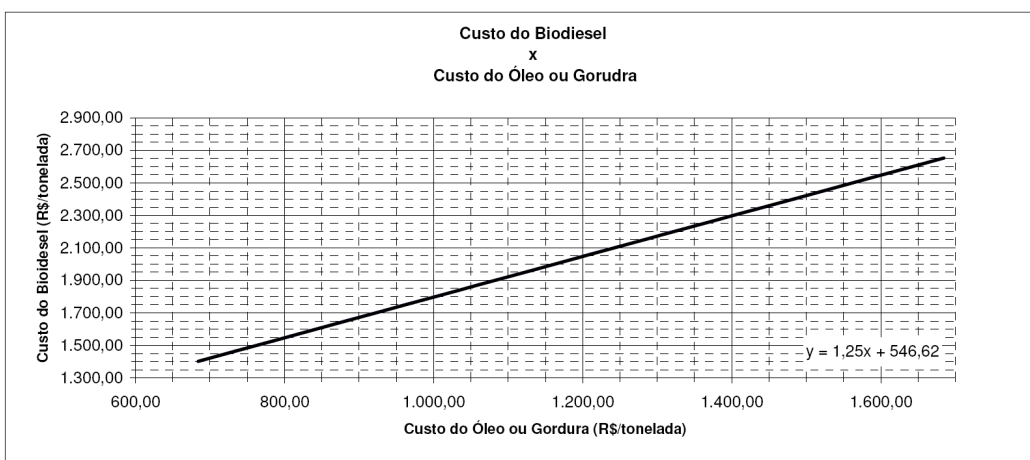
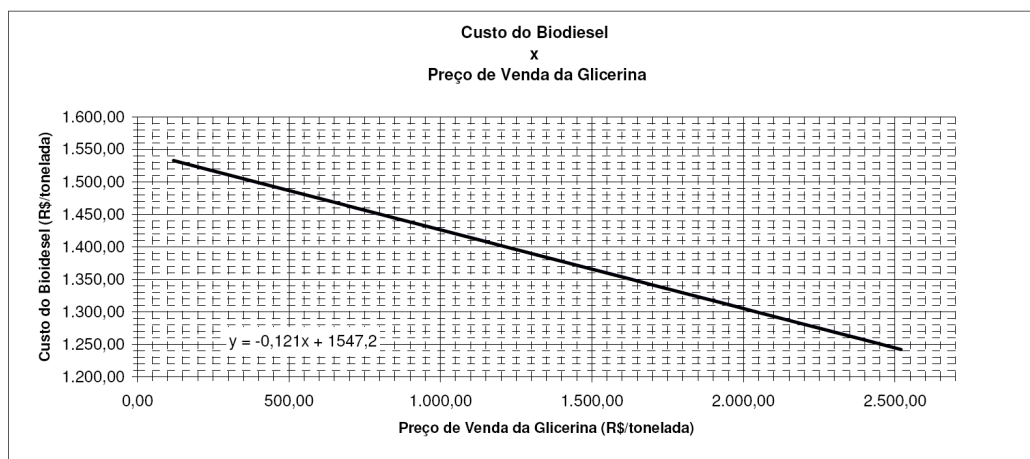


Figura C.28: Gráficos com resultados da simulação do cenário-28.

Tabela C.29: Resultados de simulação – cenário-29.

CENÁRIO		29
TRANSFORMAÇÃO	ETILICA	
MATERIA-PRIMA	SEBO	
SELO COMBUSTIVEL SOCIAL	NAO	
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS		
PIS (reduzido para biodiesel)		0,54%
COFINS (reduzido para biodiesel)		2,51%
PIS		1,85%
COFINS		7,80%
ICMS7		7,00%
ICMS DO ESTADO		12,00%
ICMS ESTADUAL BIODIESEL		12,00%
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL		18,00%
CPMF		0,38%
ICUPE		0,00%
IT		0,00%
Imposto de Renda (IR)		25,00%
Efeto de Produção da Planta (PPP)		100,00%
Dólar		2,00
Taxa de Juros (TJ)		11,00%
Taxa de Reajuste Despesas Administrativas		2,00%
manutenção) (TR)		8,00%

Insueto / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Mamona	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Girassol	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Beldre	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00
Suco de Canola	Tonelada	650,00	768,26
Suco de Beldre	Tonelada	879,47	1.080,21
Metanol	Tonelada	0,00	0,00
Água	Tonelada	32,71	40,18
Ácido Clorídrico	Tonelada	740,06	908,97
Etilenoglicol	Tonelada	5.448,56	5.975,17
Hidróxido de Sódio	Tonelada	644,29	706,56
Aditivos	Tonelada	500,00	614,12
Energia	MWh	198,85	244,24
Gás Natural	Tonelada	1.557,27	1.912,72

Produto	Unidade	Margem de Lucro Desjeitada	Custo Unitário	Preço de Venda Líquido Unitário	Preço de Venda com Impostos Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.343,99	1.679,99	1.948,35
Glicina	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,90
Ácidos Graxos Saturados	Tonelada	-	0,00	1.200,00	1.473,90

DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS

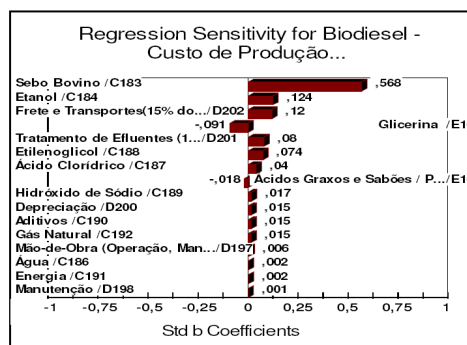
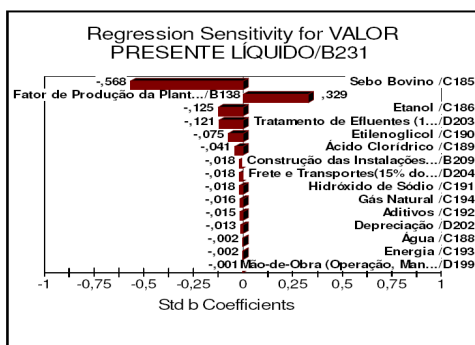
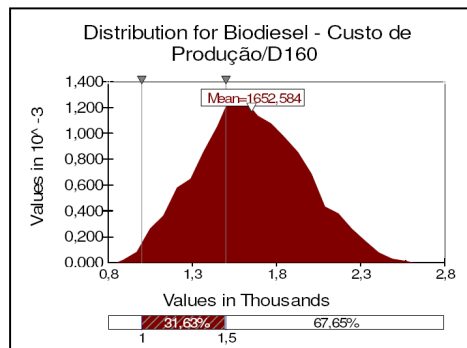
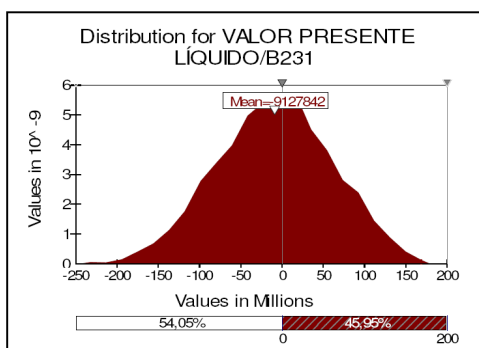
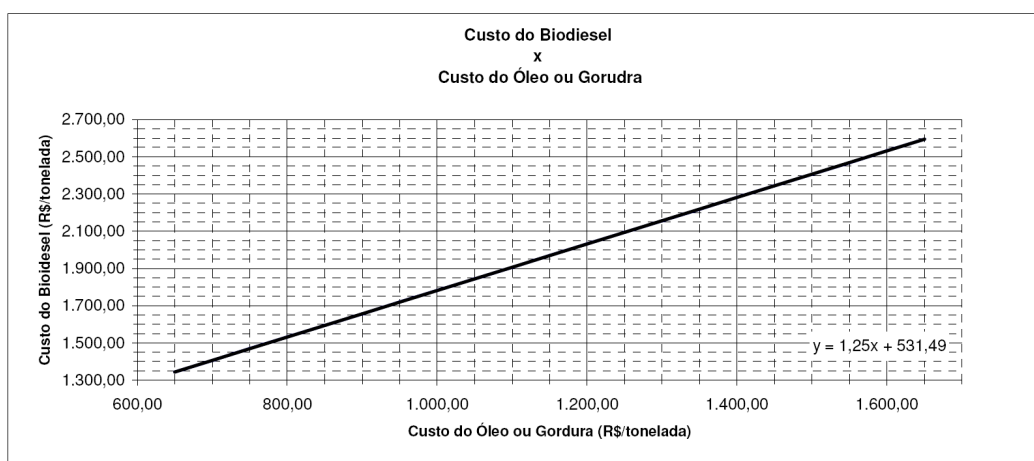
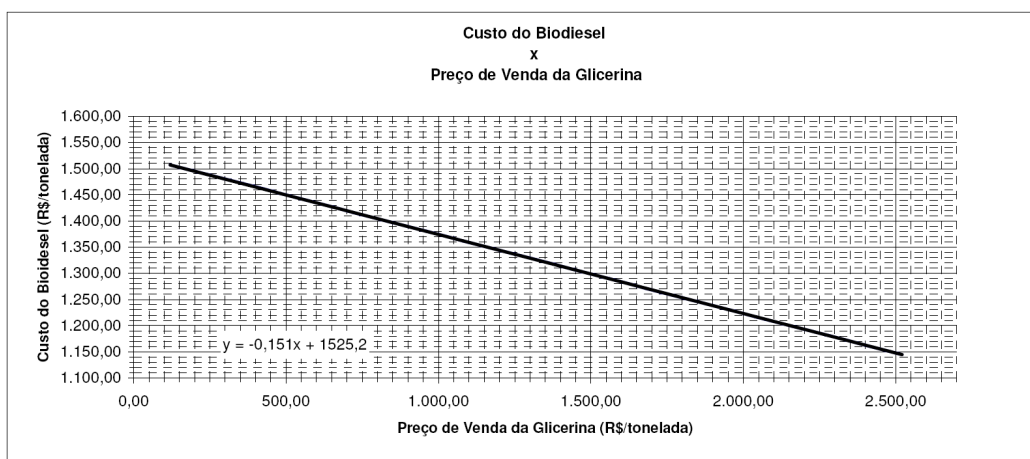


Figura C.29: Gráficos com resultados da simulação do cenário-29.

Tabela C.30: Resultados de simulação – cenário-30.

		30	
		REGIÃO SUL	METLICA
		SEBO	MAO
DADOS DE ENTRADA E REFERÊNCIAS			
GERMÍNIO			
REGIÃO			
TRANSFERTÊNCIA			
MATÉRIA-PRIMA			
SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL			
ALÍQUOTAS DE IMPOSTOS E TAXAS DE JUROS			
PIS (reduzido para biodiesel)		0,54%	
COFINS (reduzido para biodiesel)		2,51%	
PIS		1,65%	
COFINS		7,60%	
ICMS7		12,00%	
ICMS DO ESTADO		12,00%	
ICMS DO MUNICÍPIO		1,00%	
ICMS DE EMPRESAS SEM INSCRIÇÃO ESTADUAL		18,00%	
CPMF		0,38%	
CIDE		0,00%	
IPI		0,00%	
Imposto de Renda (IR)		25,00%	
Fator de Produção da Planta (FPP)		100,00%	
Dólar		2,00	
Taxa de Juros (TJ)		11,00%	
Taxa de Resgate Despesas Administrativas		2,00%	
Taxa de Resgate (Custos de mão-de-obra, manutenção) (TR)		8,00%	
RESUMO DE CUSTOS			
Insumo / Item de Custo	Unidade	Custo Líquido Unitário	Custo com Impostos Unitário
Óleo de Soja	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Mamona	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Gasol	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Diesel	Tonelada	0,00	0,00
Óleo de Canola	Tonelada	0,00	0,00
Sebo Bovino	Tonelada	650,00	798,36
Etanol	Tonelada	0,00	0,00
Metanol	Tonelada	2.295,47	2.596,38
Água	Tonelada	32,71	40,18
Óleo Clorofó	Tonelada	7,00	9,63
Óleo de Semente	Tonelada	40,00	49,60
Óleo de Semente	Tonelada	644,20	706,56
Atividades	Tonelada	500,00	614,12
Energia	MWh	198,85	244,24
Gas Natural	Tonelada	1.557,27	1.912,72
MARGEM DE LUCRO			
Produto	Unidade	Margem de Lucro Desejada	Custo Unitário
Biodiesel	Tonelada	20,00%	1.559,12
Etanol	Tonelada	0,00	1.200,00
Atividades Grãos/Substâncias	Tonelada	-	0,00
			Preço de Venda Líquido Unitário
			1.698,91
			Preço de Venda com Impostos Unitário
			1.473,20
			1.473,20

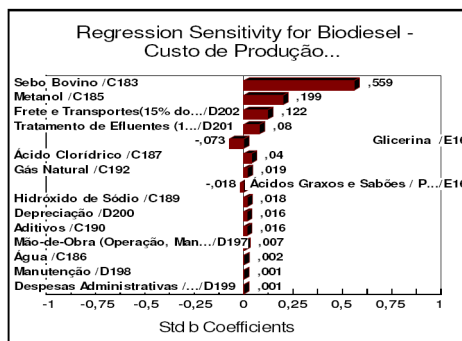
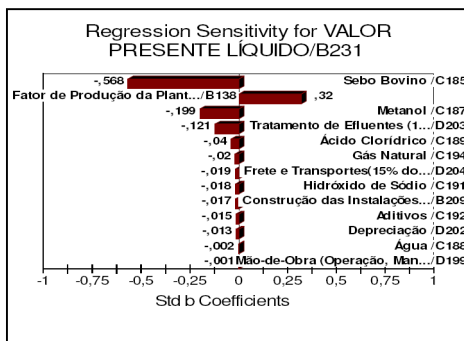
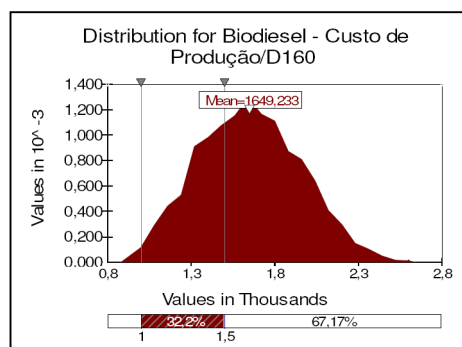
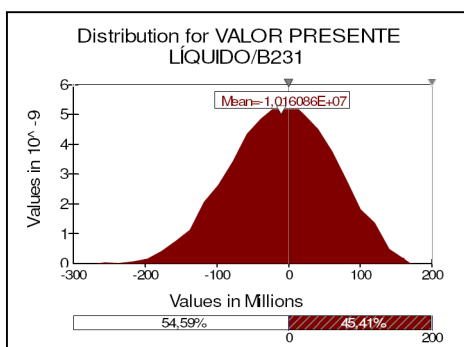
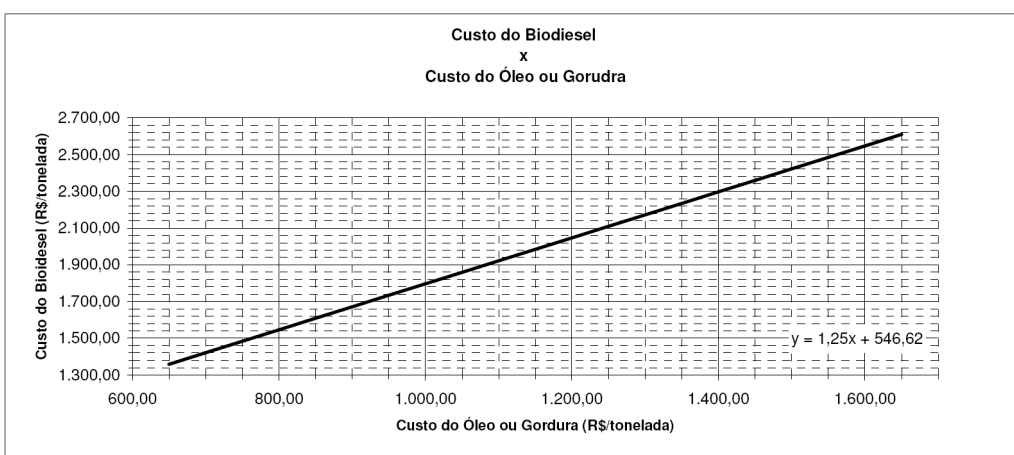
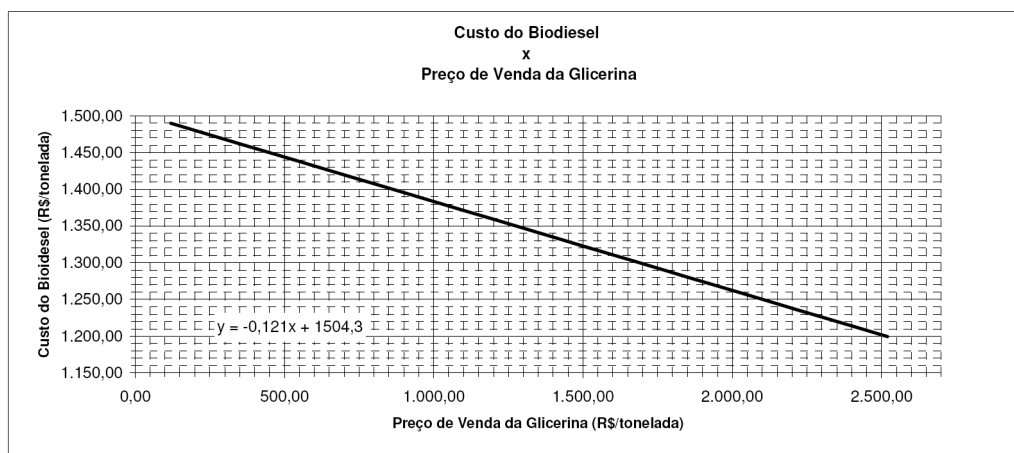


Figura C.30: Gráficos com resultados da simulação do cenário-30.

Tabela C.31: Valores percentuais do custo das matérias-primas sobre o custo total do biodiesel.

Componentes do Biodiesel	CENÁRIO																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
Oleo de Soja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.8	73.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	74.2	75.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.0	72.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
Oleo de Mamona	0.0	0.0	65.4	77.5	0.0	0.0	66.4	70.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.1	72.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Oleo de Girassol	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59.0	63.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.2	65.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.5	62.4	0.0	0.0
Oleo de Dendê	57.5	71.6	0.0	0.0	61.6	74.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Oleo de Colza	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.3	73.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Sebo Bovino	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.8	61.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.0	64.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.3	61.2
Etanol	20.7	0.0	16.1	0.0	17.9	0.0	13.9	0.0	12.5	0.0	17.0	0.0	17.5	0.0	9.9	0.0	8.9	0.0	12.3	0.0	12.7	0.0	9.2	0.0	9.3	0.0	9.3	0.0	12.8	0.0	13.2	0.0
Metanol	0.0	11.8	0.0	9.0	0.0	10.2	0.0	16.8	0.0	15.0	0.0	20.8	0.0	21.5	0.0	15.1	0.0	13.5	0.0	18.9	0.0	19.5	0.0	15.0	0.0	15.2	0.0	21.0	0.0	21.0	0.0	21.6
Água	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	
Ácido Clorídrico	4.4	5.5	3.6	4.3	4.0	4.9	3.9	4.1	3.5	3.7	4.8	5.1	4.9	5.2	3.6	3.7	3.2	3.3	4.5	4.6	4.7	4.8	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	5.0	5.1	5.2	5.3	
Etilenoglicol	8.6	0.0	7.1	0.0	7.8	0.0	7.2	0.0	6.5	0.0	8.8	0.0	9.1	0.0	6.7	0.0	6.0	0.0	8.3	0.0	8.6	0.0	6.7	0.0	6.8	0.0	6.8	0.0	9.3	0.0	9.6	0.0
Hidróxido de Sódio	2.0	2.5	1.6	1.9	1.8	2.2	1.7	1.8	1.5	1.6	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.3	1.6	1.4	2.0	2.0	2.0	2.1	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	2.2	2.2	2.3	2.3	
Aditivos	4.0	4.9	3.8	4.5	4.3	5.1	4.1	4.3	3.7	3.8	5.0	5.3	5.1	5.5	4.4	4.5	3.9	4.0	5.4	5.5	5.6	5.7	3.7	3.8	3.8	3.8	5.2	5.3	5.4	5.4		
Energia	1.1	0.8	1.0	0.7	1.1	0.8	1.1	0.7	1.0	0.6	1.3	0.9	1.4	0.9	1.2	0.7	1.1	0.7	1.5	0.9	1.5	1.0	0.9	0.6	0.9	0.6	1.3	0.8	1.3	0.8	1.3	
Gas Natural	1.6	2.6	1.1	1.7	1.3	1.9	1.5	2.0	1.4	1.8	1.9	2.5	1.9	2.6	1.1	1.4	1.0	1.3	1.4	1.8	1.4	1.8	1.4	1.8	1.4	1.8	1.4	1.8	1.9	2.4	2.0	2.5
Total de Insumos	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

Notas:

1- Todos os valores da tabela são dados em frações percentuais em relação ao total do custo dos insumos componentes do biodiesel.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)