

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



**Gilberto Master Penedo**

**Avaliação da Flexibilidade de Escolha dos Insumos de  
Produção do Biodiesel através da Teoria de Opções Reais**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Administração de Empresas como requisito parcial  
para obtenção do grau de Mestre em Administração de  
Empresas

Orientador: Luiz Eduardo Teixeira Brandão

Rio de Janeiro  
Setembro de 2008

# **Livros Grátis**

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

Milhares de livros grátis para download.



**Gilberto Master Penedo**

**Avaliação da Flexibilidade de Escolha dos Insumos de  
Produção do Biodiesel através da Teoria de Opções Reais**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Administração da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Luiz Eduardo Teixeira Brandão**

Orientador

Departamento de Administração – PUC-Rio

**Prof. Leonardo Lima Gomes**

Neoenergia

**Prof. Fabio Rodrigo Siqueira Batista**

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPTEL

**Prof. Nizar Messari**

Vice-Decano de Pós-Graduação do CCS

Rio de Janeiro, 11 de setembro de 2008

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Gilberto Master Penedo**

Graduou-se em Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), em 2002. Em 2006, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio, para obtenção do título de Mestre.

Atualmente é Supervisor de Estudos Especiais da Diretoria de Produtos de Pessoas Físicas do Banco Itaú, conduzindo Estudos para maximização do valor da Carteira de Crediário e Cheque Especial para Pessoas Físicas.

#### Ficha Catalográfica

Penedo, Gilberto Master

Avaliação da flexibilidade de escolha dos insumos de produção do biodiesel através da teoria de opções reais / Gilberto Master Penedo ; orientador: Luiz Eduardo Teixeira Brandão. – 2008.

109 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Administração) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Biodiesel. 3. Opções reais. 4. Simulação de Monte Carlo. 5. Modelo de reversão à média. 6. Movimento geométrico browniano. I. Brandão, Luiz Eduardo Teixeira. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD:658

*“Sucesso é a soma de pequenos esforços, repetidos o tempo todo.”*

Robert Collier

À minha família e a todos que contribuíram para o que sou.  
Meu carinho e respeito por todos vocês.

## Agradecimentos

Agradeço ao professor Luiz Brandão pela excelente orientação e apoio dados para a elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos do Mestrado e colegas de trabalho, agradeço pela amizade e pelas freqüentes trocas de conhecimento. Certamente existe um pouco de vocês em cada palavra aqui escrita.

Por fim, agradeço à minha família, em especial à minha esposa Simone, por seu amor, paciência e compreensão. Seu apoio em todos os momentos me dá forças para atingir meus objetivos.

## Resumo

Penedo, Gilberto Master; Brandão, Luiz Eduardo Teixeira. **Avaliação da flexibilidade de escolha dos insumos de produção do Biodiesel através da Teoria de Opções Reais**. Rio de Janeiro, 2008. 109p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A crescente preocupação ambiental e dependência energética de combustíveis fósseis têm aumentado a importância do desenvolvimento de combustíveis renováveis e menos poluentes. Dentro deste cenário, o Biodiesel é uma alternativa que apresenta diversas vantagens em relação ao diesel fóssil, ou Petrodiesel, além de possuir propriedades físicas semelhantes. Neste trabalho mensurou-se o valor que advém da flexibilidade existente para o produtor de Biodiesel da escolha do insumo utilizado na sua produção através da Teoria de Opções Reais. Os resultados encontrados indicam que essa opção de escolha de insumos tem valor quando se assume que os preços futuros destes insumos seguem processos estocásticos como o Movimento de Reversão à Média e o Movimento Geométrico Browniano, o que pode ser suficiente para viabilizar o uso de insumos que não seriam recomendados pela análise tradicional. Como esses processos estocásticos geram diferentes resultados, a seleção do modelo e dos parâmetros utilizados são fatores importantes na valoração desta classe de projetos.

## Palavras - chave

Biodiesel; Opções Reais; Simulação de Monte Carlo; Modelo de Reversão à Média; Movimento Geométrico Browniano.



## Abstract

Penedo, Gilberto Master; Brandão, Luiz Eduardo Teixeira. **The Option Value of Switching Inputs in a Biodiesel Plant.** Rio de Janeiro, 2008. 109p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

There has been a growing concern in recent years about the quality of our environment and dependence on fossil fuels to supply the energy needs of the world, which has created an interest in the development of renewable and less polluting energy sources. One of such alternatives is the Biodiesel, which has many advantages relative to the fossil based Diesel, or Petrodiesel, aside from being physically equivalent. We use the real options approach to determine the value of the managerial flexibility that a Biodiesel plant has to switch inputs among different grain commodities. Our results indicate that the option to choose inputs has value if we assume that the future prices follow stochastic processes such as Geometric Brownian Motion and Mean Reversion Models, and can be sufficient to recommend the use of input commodities that would not be recommended the traditional valuation methods. Given that each of these models provides different option values, the choice of model and parameters has a significant impact on the valuation of this class of projects.

## Keywords

Biodiesel; Real Options, Monte Carlo Simulation; Mean Reverting Models; Geometric Brownian Motion.

## Sumário

1	Introdução	14
2	Referencial Teórico	16
2.1.	Revisão de Literatura	16
2.2.	Referencial Teórico	18
2.3.	Opções Financeiras	20
2.4.	A Análise Tradicional de investimentos versus Teoria de Opções Reais	22
2.5.	Tipos de Opções Reais	24
2.6.	Modelagem de Incertezas como Processos Estocásticos	25
2.6.1.	A Simulação de Monte Carlo	27
2.6.2.	O Movimento Geométrico Browniano	28
2.6.3.	O Processo de Reversão à Média	29
3	O Biodiesel	32
3.1.	Panorama Mundial	33
3.2.	O mercado brasileiro do Óleo Diesel	34
3.3.	O Biodiesel aditivo no Brasil	36
3.4.	Os Leilões nacionais do Biodiesel	37
3.5.	O Processo produtivo do Biodiesel	39
3.6.	Insumos e subprodutos envolvidos na produção do Biodiesel	40
3.6.1.	Soja	40
3.6.2.	Mamona	42
3.6.3.	Algodão	44
3.6.4.	Etanol	46
3.6.5.	Glicerina	47
4	Coleta de dados	50
4.1.	Soja	50
4.2.	Mamona	51

4.3. Algodão	53
4.4. Etanol	54
4.5. Glicerina	55
4.6. Biodiesel	55
5 Aplicação em uma usina fictícia de Biodiesel	57
5.1. Metodologia	57
5.2. Modelagem do processo produtivo do Biodiesel	58
5.3. Processos estocásticos dos preços dos insumos do Biodiesel	61
5.3.1. Processos neutros ao risco	66
5.3.2. Modelagem de incertezas utilizando o MGB	67
5.3.3. Modelagem das incertezas utilizando o MRM	69
5.4. Fluxos de Caixa do Projeto Básico	71
5.5. Fluxos de Caixa do Projeto com Opções	73
5.6. Resultados	75
5.6.1. Projetos Básicos	77
5.6.2. Projetos com Opções	80
5.7. Síntese dos Resultados	83
5.8. Análise de sensibilidade dos resultados encontrados	84
6 Conclusões e Recomendações	90
6.1. Conclusões	90
6.2. Limitações metodológicas e sugestões para trabalhos futuros	91
7 Referências Bibliográficas	93
8 Apêndices	101

## Lista de figuras

Figura 1 - Quando a Flexibilidade Gerencial tem valor?	24
Figura 2 - Volume importado e exportado de Biodiesel no Brasil (2000-2007).	35
Figura 3 - Preços médios de revenda do óleo diesel por região brasileira.	35
Figura 4 - Percentuais de adição do Biodiesel ao Diesel.	37
Figura 5 - Processo simplificado de produção do Biodiesel.	39
Figura 6 - Reação química do Biodiesel (transesterificação de glicerídeos).	40
Figura 7 - Produção mundial de soja - Safras 94/95 a 2006/07 (em milhões de toneladas).	41
Figura 8 - Produção brasileira de soja - Safras 1976/77 a 2006/07 (em mil toneladas).	42
Figura 9 - Produção brasileira de mamona - Safras 1976/77 a 2006/07 (em mil toneladas).	44
Figura 10 - Produção brasileira de algodão (caroço e pluma) - Safras 1976/77 a 2006/07 (em mil toneladas).	45
Figura 11 - Produção brasileira do etanol - Safras 1990/91 a 2006/07 (em metros cúbicos).	47
Figura 12 - Evolução do preço da Glicerina Bruta - Rotterdam - dez/95 a set/07 (em US\$/ton).	48
Figura 13 - Séries mensais deflacionadas de preços de soja, farelo de soja, óleo de soja – Bahia.	51
Figura 14 - Séries mensais deflacionadas de preços de mamona (baga e óleo) – Bahia.	52
Figura 15 - Séries mensais deflacionadas de preços de algodão (caroço, óleo e farelo) – Bahia.	54
Figura 16 - Série mensal de preços do etanol deflacionadas pelo IGP-DI – Alagoas - em R\$/litro.	55
Figura 17 - Preços médios de Óleo Diesel (produtores) e Biodiesel (Leilões) - em R\$/litro.	56
Figura 18 - Resultados das regressões lineares para rejeição do	

MGB a favor do MRM para as variáveis do estudo.	62
Figura 19 - Regressões lineares indicando tendência de reversão à média.	65
Figura 20 - Preços da soja (grão) simulados pelo MGB para o período de 60 meses.	69
Figura 21 - Preços da soja (grão) simulados pelo MRM para o período de 60 meses.	71
Figura 22 – Fluxograma da Simulação de Monte Carlo para o Projeto Fictício de Biodiesel.	77
Figura 23 - Distribuição de probabilidades dos VPL's do Projeto com opções, com preços simulados pelo MRM.	82
Figura 24 - Distribuição de probabilidades dos VPL's do Projeto com opções, com preços simulados por um MGB.	83
Figura 25 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação da taxa de juros e do preço da Torta de Mamona.	86
Figura 26 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação da taxa de juros e do preço do Biodiesel.	86
Figura 27 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação do preço da Torta de Mamona e do preço do Biodiesel.	86
Figura 28 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) com variação da taxa de juros e do preço da Torta de Mamona.	88
Figura 29 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) à variação da taxa de juros e do preço do Biodiesel.	88
Figura 30 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) à variação do preço da Torta de Mamona e do preço do Biodiesel.	88

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Resultados dos Leilões realizados pela ANP e Petrobras.	38
Tabela 2 - Produtividade de grãos para obtenção de óleo.	59
Tabela 3 – Intervalos de confiança para o Teste de Hipóteses das variáveis do Estudo.	63
Tabela 3 - Prêmios de risco mensais para as variáveis do estudo.	66
Tabela 4 - Parâmetros do MGB para as variáveis do estudo.	68
Tabela 5 - Parâmetros do MRM para as variáveis do estudo.	71
Tabela 6 - Fluxos de Caixa dos 6 primeiros meses para o Projeto Básico - MRM (Fluxos em R\$).	79
Tabela 7 - Fluxos de Caixa dos 6 primeiros meses para o Projeto Básico - MGB (Fluxos em R\$).	79
Tabela 8 - Comparativo do valor do Projeto com o uso das opções de conversão e possibilidade de venda do óleo bruto (R\$/1000 litros de Biodiesel).	83
Tabela 9 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação da taxa de juros e do preço da Torta de Mamona.	85
Tabela 10 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação da taxa de juros e do preço do Biodiesel.	85
Tabela 11 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação do preço da Torta de Mamona e do preço do Biodiesel.	85
Tabela 12 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) com variação da taxa de juros e do preço da Torta de Mamona.	87
Tabela 13 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) à variação da taxa de juros e do preço do Biodiesel.	87
Tabela 14 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) à variação do preço da Torta de Mamona e do preço do Biodiesel.	87

# 1 Introdução

Devido à crescente preocupação ambiental e dependência de combustíveis fósseis, diversos países têm buscado alternativas menos poluentes e renováveis para suprir as suas necessidades energéticas. Em função disso, o desenvolvimento deste tipo de combustíveis vem evoluindo rapidamente, embora alguns deles ainda sejam menos viáveis e lucrativos que os combustíveis fósseis. Uma destas alternativas é o Biodiesel, obtido a partir do uso de óleos vegetais. A implementação de um programa energético levando-se em conta o aproveitamento dos óleos vegetais abre oportunidades para grandes benefícios sociais decorrentes da valorização do campo e da promoção do trabalhador rural, além das demandas por mão de obra qualificada para o processamento e, em muitos casos, beneficiamento dos óleos vegetais.

A importância do Biodiesel para o Brasil deve-se a diversos motivos. Primeiramente, por se tratar de uma alternativa para a diminuição da dependência dos derivados de petróleo, ajudando a diversificar a matriz energética brasileira. Segundo, por ser um componente obrigatório no curto/médio prazo na composição do óleo diesel comercializado no território nacional. A criação de um novo mercado para as oleaginosas, possibilitando a geração de novos empregos em regiões carentes do país e aumentando seu valor agregado com a sua transformação em Biodiesel também é um grande motivador do desenvolvimento do Biodiesel, além de proporcionar uma perspectiva de redução da emissão de poluentes e uma alternativa para exportação de créditos de carbono relativos ao Protocolo de Kyoto (LEIRAS, 2006).

A literatura sobre a análise de projetos de Biodiesel é escassa, e aborda o problema principalmente sob a ótica do custo de produção do Biodiesel. LEIRAS (2006) e BARROS (2006) analisam a viabilidade econômico-financeira da implantação de indústrias de Biodiesel considerando o processo completo, desde o plantio e produção do insumo até a venda do óleo combustível e seus subprodutos, sob o enfoque de custos de produção. Nenhum destes trabalhos, no entanto,

projeta fluxos de caixa considerando as inúmeras flexibilidades gerenciais que este tipo de projeto apresenta, tanto em relação à escolha do insumo a ser utilizado, visto que o Biodiesel pode ser produzido a partir de diferentes oleaginosas, quanto do produto final (óleo vegetal ou Biodiesel). Neste trabalho avaliaram-se se as flexibilidades existentes no início do processo produtivo e nos produtos finais gerados (óleo vegetal ou Biodiesel), dada a possibilidade de escolha do insumo a ser utilizado (no caso, soja, mamona ou algodão), possuem valor. Considerou-se que o projeto será implantando na Região Nordeste do país (Bahia), visto que esta região apresenta solo propício para a cultura de ambas as oleaginosas e concentra cerca de 80% da produção de mamona do país. Outra vantagem é que a instalação da planta de processamento perto da área de produção reduz os custos de transporte.

Esta dissertação está estruturada da seguinte forma. No Capítulo 2 foi feita uma breve revisão da Literatura de Opções Reais e suas aplicações mais recentes. Neste mesmo capítulo, introduziu-se o referencial teórico, com algumas definições básicas e equações relativas aos processos estocásticos utilizados para a modelagem de preços dos insumos de produção do Biodiesel. Em seguida, no Capítulo 3, abordou-se o caso do Biodiesel, incluindo aspectos de sua inserção na economia brasileira, sua participação na economia mundial e detalhes de seu processo produtivo. No Capítulo 4 foi apresentada a metodologia de coleta de dados do estudo desenvolvido. Em seguida, no Capítulo 5, aplicou-se a Teoria de Opções reais a uma Usina de Biodiesel fictícia. Neste Capítulo é apresentada a Metodologia do processo produtivo do Biodiesel e são mostrados os resultados da aplicação da Teoria de Opções Reais a essa Usina específica, no cálculo do valor agregado pela flexibilidade de escolha dos *inputs* (soja, mamona ou algodão) e venda dos *outputs* (farelos, óleos e o Biodiesel). No Capítulo 6 foram apresentadas as conclusões, limitações e sugestões para estudos futuros.



## 2 Referencial Teórico

### 2.1. Revisão de Literatura

A Teoria de Opções Reais, quando comparada com a Teoria de Finanças em geral, é uma teoria recente. Os primeiros trabalhos relevantes sobre o assunto (e que praticamente iniciaram o desenvolvimento de toda teoria posterior) foram o de TOURINHO (1979) e o de BRENNAN & SCHWARTZ (1985). O primeiro, de forma pioneira, introduziu a primeira aplicação da Teoria de Opções Reais, aplicada à valoração de investimentos em recursos naturais. Posteriormente, Brennan & Schwartz estudaram o instante ótimo para se investir em um projeto de exploração de uma mina de cobre, avaliando opções de investimento, parada temporária, reativação e abandono com a utilização de modelagem estocástica do preço do cobre. Outro trabalho relevante, também abordando aplicações em áreas envolvendo *commodities* e projetos de longa duração, foi o de TITMAN (1985), que empregou a Teoria de Opções Reais para estimar preços de áreas urbanas desocupadas, avaliando a opção de adiamento de sua ocupação. Já PADDOCK & SIEGEL (1988), apresentaram um dos primeiros e mais conhecidos trabalhos sobre avaliação de investimentos em reservas petrolíferas não-desenvolvidas, no qual utilizaram a Teoria de Opções Reais para determinar o valor justo para a concessão de uma reserva de petróleo, enfatizando as vantagens da nova abordagem proposta frente ao método tradicional do Fluxo de Caixa Descontado. Mais recentemente, CORTAZAR & SCHWARTZ (1998), aplicaram a Simulação de Monte Carlo na avaliação da opção real de desenvolvimento de um poço petrolífero.

DIXIT & PINDYCK (1994), no primeiro livro totalmente dedicado à Teoria de Opções Reais, enfatizam a abordagem teórica em tempo contínuo. Esta mesma obra já cita outras aplicações da Teoria, além de aplicações estritamente econômicas utilizadas até então, exemplificando o uso da Teoria de Opções Reais na análise de fatores sócio-econômicos, tais como matrimônio e suicídio. Já TRIGEORGIS (1996)

ênfatiou modelos em tempo discreto em primeira publicação. Ambos também analisaram modelos relacionados à indústria petrolífera e outros recursos naturais.

No que se refere às opções de conversão de *inputs* e *outputs* (que são as utilizadas nesta dissertação), KULATILAKA e MARCUS (1992) avaliam projetos de produção de eletricidade em termoelétricas analisando as flexibilidades existentes com o uso de gás ou carvão.

Analisando-se a produção brasileira para a Teoria de Opções Reais, observa-se uma forte concentração em estudos sobre a viabilidade econômica de projetos envolvendo *commodities*, em especial petróleo, gás e energia, destacando-se as contribuições de DIAS (1996, 2001 e 2005), voltadas a projetos petrolíferos.

Uma exceção a essa tendência são BRANDÃO (2002) e BLANK (2008), que aplicam a Teoria de Opções Reais a concessões rodoviárias. O primeiro considera que uma opção de expansão pode existir caso o volume de tráfego justifique um aumento de capacidade. Já BLANK (2008) aplica os conceitos de Opções Reais em projetos envolvendo *project finance* e Parcerias Público-Privadas (PPP), apresentando um projeto hipotético de concessão rodoviária com a identificação de três opções: garantia de tráfego mínimo, repasse de receita por tráfego máximo e possibilidade de abandono pelos acionistas.

DIAS (1996) analisa investimentos sob incerteza em projetos de exploração e produção de petróleo, apresentando um modelo flexível e adequado aos principais problemas de decisões de investimentos de uma empresa petrolífera. Este mesmo autor em estudo mais recente (DIAS, 2005), evolui sua aplicação na indústria petrolífera combinando a Teoria de Opções Reais com a Teoria dos Jogos (jogos de Opções Reais) e com métodos probabilísticos e de decisão estatística bayesianos (Opções Reais bayesianas).

Quem também utiliza a Teoria dos Jogos em conjunto com a Teoria de Opções Reais é TEIXEIRA (2007), aplicando um modelo de Opções Reais para determinar a decisão de investimento ótima de uma empresa, considerando um jogo de múltiplos estágios com duas empresas do setor de telecomunicações.

Outro trabalho brasileiro recente é o de BARAN (2005), que aplica a Teoria de Opções Reais ao Mercado de Créditos de Carbono. O referido trabalho estuda o momento ótimo do corte de árvores num empreendimento florestal (mais especificamente uma plantação de eucaliptos) onde, além da receita pela venda da madeira, há possibilidade de uma receita adicional por quantidade de CO<sub>2</sub> absorvida

(proporcional ao número de árvores existentes). As opções envolvidas são: derrubar a floresta, esperar ou abandonar o negócio.

Focando-se nas opções de conversão (pilar principal desta dissertação), pode-se ressaltar o trabalho de BASTIAN PINTO, BRANDÃO & HAHN (2007), que analisaram as opções de conversão existentes no processo produtivo do açúcar e do etanol, com modelagem de preços através de dois processos estocásticos conhecidos (Movimento Geométrico Browniano e Modelo de Reversão à Média).

ALVES (2007) também analisa opções de conversão, mas aplicada à flexibilidade na escolha do combustível num carro *flex-fuel*, valorando a vantagem de um automóvel com tal tecnologia sobre outro exclusivamente movido à gasolina.

Uma das principais contribuições desta dissertação reside na avaliação das flexibilidades existentes no processo produtivo do Biodiesel com a utilização de preços estocásticos para as variáveis analisadas e modelagem através da Simulação de Monte Carlo. Como será mostrado mais adiante, existem flexibilidades quanto aos *inputs* (soja, mamona, algodão e muitos outros) e nos *outputs* (finalização do processo produtivo na produção dos óleos brutos em vez de sua continuidade até a produção final do Biodiesel na forma de combustível).

## **2.2. Referencial Teórico**

O Fluxo de Caixa Descontado (FCD), nas análises de investimentos em projetos, é a metodologia tradicionalmente utilizada como ferramenta de valoração econômica para a tomada de decisão de investimentos. Utilizando tal metodologia, um projeto terá valor quando a somatória de seus fluxos de caixa, descontados a valor presente a uma taxa julgada compatível ao risco do projeto, superam o investimento de capital previsto, ou seja, quando o Valor Presente Líquido (VPL) é positivo.

No entanto, essa Metodologia basicamente assume que um projeto é levado até o fim, mesmo em caso de insucesso, não considerando algumas opções que podem estar associadas à capacidade de interferência gerencial. COPELAND & ANTIKAROV (2001) concordam com tal argumento, reconhecendo que o VPL subestima o valor de projetos por não capturar possíveis flexibilidades a disposição dos tomadores de decisão. Projetos baseados previamente em atividades de Pesquisa e Desenvolvimento, por exemplo, diante de conclusões

desfavoráveis, são cancelados antes que os produtos/tecnologias associados sejam sequer lançados no mercado. Analogamente, um gerente de projeto pode expandir um projeto que esteja se comportando melhor do que o previsto, opção que não é considerada na Metodologia tradicional de avaliação pelo FCD.

Além disso, essa Metodologia pode falhar quando aplicada a um ambiente sujeito a incertezas (exógenas e endógenas) que contribuam a uma variabilidade dos fluxos de caixa previstos. Do ponto de vista exógeno, para projeto que, por exemplo, tenha suas receitas fortemente atreladas às variações de preço de uma determinada *commodity*, dificilmente a premissa de simetria de seus fluxos de caixa é válida. De forma endógena, um projeto dependente de fatores técnicos e organizacionais pode também ter retornos diferentes dos previstos.

DIXIT & PINDICK (1994) também questionam a premissa de reversibilidade associada ao critério de decisão com base no VPL, pois se assume implicitamente que o investimento pode ser, a qualquer momento, recuperado. Quando a firma exerce sua opção de investir, elimina de forma irreversível a possibilidade de esperar por novas informações que afetam o resultado do investimento e o momento ótimo para o investimento (SCARTEZINI, 2006).

TRIGEORGIS (1996) sintetiza essa adição de valor definindo o VPL de um projeto (VPL expandido) como resultado da soma de uma parcela estática (advinda do VPL tradicional) e uma parcela resultante da valoração das opções associadas à incerteza e flexibilidade gerencial. Segundo DIAS (1996), o FCD subestima (ou subavalia) os investimentos. Esse mesmo autor cita como exemplo uma situação onde se considera apenas o valor da opção de espera (“timing” do investimento). Nessa situação, o valor da oportunidade de investimento é o somatório do VPL tradicional (se positivo ou, em caso contrário, zero) e o valor da opção de espera.

Diante de tais limitações, a Teoria de Opções Reais tem ganhado espaço como ferramenta de otimização das decisões de investimento diante de incertezas e flexibilidades, adicionando ao critério do VPL as opções e incertezas intrínsecas a diferentes tipos de projetos de investimento, buscando, dessa forma, evitar a rejeição de projetos potencialmente lucrativos.

Neste capítulo serão abordados os principais conceitos a respeito da Teoria de Opções Reais que servirão de fundamento para a análise desenvolvida neste trabalho.

### 2.3. Opções Financeiras

Há dois tipos básicos de opções: opções de compra (*call options*) e opções de venda (*put options*). Segundo DAMODARAN (1996), uma opção de compra dá ao detentor o direito de comprar um ativo subjacente (geralmente ações, *commodities* ou moedas) a um preço estabelecido (denominado preço de exercício ou *strike price*) e a um determinado instante até a data de vencimento da opção (sendo a qualquer momento, classifica-se como uma opção americana; na data do vencimento, como uma opção européia). Por esse direito, o comprador paga uma quantia (prêmio), definida no momento da compra. Na data de vencimento da opção o comprador exercerá a opção se o valor do ativo for menor do que o preço de exercício da opção. De forma análoga, uma opção de venda dá ao detentor o direito de vender um ativo subjacente a um preço estabelecido (também chamado de preço de exercício ou *strike price*) a um determinado instante até a data de vencimento da opção, também pagando um prêmio no momento da compra. O lucro líquido desse investimento, para ambos os tipos de opção, é a diferença entre o lucro obtido com o exercício da opção e o prêmio pago pela opção.

Para HULL (2003) os fatores que afetam o preço de uma opção são:

- O preço corrente do ativo ( $S_0$ );
- O preço de exercício ( $K$ );
- O prazo de vencimento ( $T$ );
- A volatilidade do preço do ativo ( $\sigma$ );
- A taxa livre de risco ( $r$ ); e
- O dividendo esperado durante a “vida” da opção.

No início da década de 1970, Fischer Black, Myron Scholes e Robert Merton, em BLACK & SCHOLES (1973) e MERTON (1973), tiveram grandes avanços na precificação de opções, sendo os primeiros a formular um modelo para precificação de derivativos, o que resultou no Modelo Black-Scholes-Merton. As várias tentativas anteriores haviam falhado porque a precificação do ativo derivado ficava dependendo de um ou mais parâmetros arbitrários que tentavam traduzir as preferências do investidor em relação ao risco. Percebendo tal deficiência, Black e Scholes reconheceram, ao incorporarem o argumento de

Merton, que em equilíbrio o retorno de uma carteira sem risco (“*riskless hedge portfolio*”) deveria corresponder à taxa livre de risco, para impedir a existência de oportunidades de arbitragem (MARTIN, 2004). Black e Scholes supuseram condições ideais de mercado, partindo das seguintes premissas simplificadoras, conforme cita HULL (2003):

- O preço do ativo subjacente segue um Movimento Geométrico Browniano, com valor esperado dos retornos ( $\mu$ ) e volatilidade de preços ( $\sigma$ ) constantes. Portanto, a distribuição dos possíveis preços da ação ao final de qualquer intervalo é lognormal, com variância constante;
- Não existem restrições para vendas a descoberto;
- Os custos de transação são inexistentes e todos os títulos são perfeitamente divisíveis;
- O ativo subjacente não paga dividendos durante a vida do derivativo;
- Não há oportunidade de arbitragem;
- A negociação de títulos é contínua; e
- A taxa de juros livre de risco de curto prazo é constante ao longo do tempo.

Com a aplicação de tais premissas para opções européias de compra e venda que não pagam dividendos, Black e Scholes (BLACK & SCHOLES, 1973) deduziram as Equações (1) e (2) para o preço dessas opções, no instante zero:

$$c = S_0 N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2) \quad (1)$$

$$p = K e^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad (2)$$

Onde:

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / K) + (r + \sigma^2 / 2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0 / K) + (r - \sigma^2 / 2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$c$  = preço da opção de compra européia;

$p$  = preço da opção de venda européia;

$N$  = função distrib. de probabilidades de uma variável normal padronizada;

$S_0$  = preço da ação no instante zero;

$K$  = preço de exercício;

$r$  = taxa livre de risco;

$\sigma$  = volatilidade do preço da ação.

$T$  = prazo para o vencimento da opção;

## 2.4.

### A Análise Tradicional de investimentos versus Teoria de Opções Reais

A Análise Tradicional de Investimentos fundamenta-se em diversas técnicas norteadoras nas tomadas estratégicas de decisão. Dentre as mais conhecidas e aceitas estão a análise através do VPL (Valor Presente Líquido) e através TIR (Taxa Interna de Retorno, taxa que torna o VPL nulo). Tais análises se propõem a rejeitar ou aceitar um investimento utilizando critérios bem definidos.

O cálculo do VPL baseia-se em contabilizar os fluxos de caixa futuros ( $FC_t$ ) de um investimento, trazendo-os ao presente através de uma taxa de desconto ajustada ao risco do investimento ou custo de capital ( $k$ ) e subtraindo-se tais fluxos do investimento inicial ( $I_0$ ) necessário para sua realização. Em termos teóricos, O VPL de um projeto com  $n$  fluxos previstos pode ser sintetizado na seguinte Equação:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (3)$$

O critério de aceitação ou rejeição de um projeto baseia-se simplesmente no resultado da Equação (3). Se positivo o projeto é considerado economicamente viável. Caso contrário o projeto é rejeitado. Na comparação de dois projetos escolhe-se o de maior VPL.

A taxa de desconto ajustada ao risco do investimento geralmente é calculada com auxílio do CAPM (*Capital Asset Pricing Model*). Segundo ROSS, WESTERFIELD & JAFFE (2002), este modelo se propõe a determinar a taxa de retorno teórica de um determinado ativo relativamente a uma carteira de mercado perfeitamente diversificada. O CAPM, para um ativo  $i$ , pode ser escrito basicamente da seguinte forma:

$$k_i = r + \beta_{i,m} (R_m - r) \quad (4)$$

Onde:

$r$  é a taxa de juros livre de risco.

$\beta_{i,m}$  é a sensibilidade de uma variação de retorno do ativo  $i$  à variação do retorno da carteira de mercado. É calculado pela covariância entre os retornos do ativo e os retornos do mercado, dividida pela variância dos retornos do mercado.

$R_m$  é o valor esperado do retorno do mercado.

Alguns conceitos tradicionais, como o conceito básico de desconto de fluxos de caixa, não podem ser totalmente invalidados. No entanto, é possível identificar algumas flexibilidades não captadas pela Análise Tradicional. A captura destas flexibilidades tem impulsionado e dado destaque à Teoria de Opções Reais.

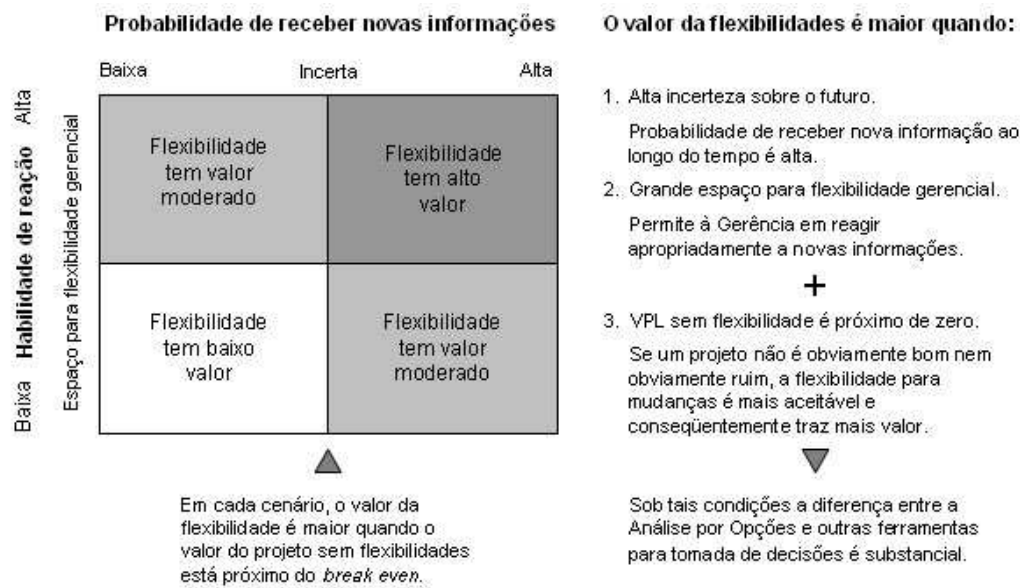
A Análise Tradicional de Investimentos quando aplicada como ferramenta de tomada de decisões (via VPL e outras métricas objetivas) não leva em conta que durante a implementação de um projeto, oportunidades ou externalidades podem ocorrer e influenciar positivamente ou negativamente os fluxos de caixa previstos. Nesse contexto, algumas flexibilidades (como expansão ou adiamento de um projeto) acabam sendo desconsideradas.

TRIGEORGIS (1996) enfatiza esta diferença quando diz que a falta de conhecimento das flexibilidades de gerenciamento e a falta de adaptação a diferentes condições de mercado são as falhas mais comuns dos métodos tradicionais que se utilizam apenas do fluxo de caixa descontado.

Segundo COPELAND, KOLLER & MURRIN (2000), o VPL influencia uma decisão baseada em expectativas do presente, enquanto que a análise por Opções Reais permite a flexibilidade de tomada de decisões na contingência futura de captura de novas informações. Segundo tais autores, o valor de um Projeto avaliado por Opções Reais é sempre maior do que quando analisando por meio do VPL e tal diferença fica mais evidente quando o VPL é próximo de zero. Na **Figura 1** pode-se visualizar um pouco desta discussão entre a diferença de valores entre o VPL e Opções Reais.



Figura 1 - Quando a Flexibilidade Gerencial tem valor?



Fonte: COPELAND, KOLLER & MURRIN (2000).

No subcapítulo a seguir serão abordadas com mais detalhes algumas flexibilidades comuns captadas pela Teoria de Opções Reais.

## 2.5. Tipos de Opções Reais

COPELAND, KOLLER & MURRIN (2000), classificam as Opções Reais em alguns tipos, de acordo com as possíveis flexibilidades existentes. Dentre os tipos classificados por tais autores pode-se enfatizar os seguintes:

**Opção de Abandonar:** Opção de abandonar ou se desfazer de um investimento, diante de condições adversas e que inviabilizem a manutenção de custos fixos associados ao investimento. A Opção pode ser valiosa, pois limita inferiormente o valor do projeto, levando em consideração o valor residual do investimento, dada a existência de um mercado secundário para revenda dos equipamentos e outros ativos associados ao investimento. Esta opção pode ser comparada a uma opção americana de venda sobre o valor atual do projeto com preço de exercício igual ao valor residual.

**Opção de adiar:** O proprietário de um investimento pode adiar o processo de desenvolvimento de sua produção (associada ao investimento) até que os preços

do produto produzido atinjam um patamar aceitável. Por exemplo, o detentor de uma reserva não-explorada de petróleo pode adiar a decisão de exploração até que os preços do petróleo subam. Segundo TRIGEORGIS (1996), esta opção é valiosa em indústrias associadas à extração de recursos e indústrias do ramo imobiliário, dados os prazos longos associados ao investimento. Essa opção é equivalente a uma opção americana de compra, com os custos de desenvolvimento como preço de exercício da opção.

**Opção de expansão:** O gerente de um projeto pode ampliar sua capacidade produtiva de modo a se adequar a uma possível demanda adicional não esperada associada ao produto produzido. Ou seja, a gerência tem a opção de incorrer com investimentos adicionais caso as condições de seu projeto mostrem-se favoráveis ao longo do processo produtivo. Essa opção é equivalente a uma opção americana de compra, conferindo direito a seus detentores de implementar investimentos adicionais caso as condições de mercado se tornem favoráveis.

**Opção de conversão:** A opção de mudar as operações de um projeto é um conjunto de opções de compra e de venda. Nesse contexto existe a possibilidade de reiniciar a operação de um projeto paralisado, resultando numa opção americana de compra com preço de exercício igual ao custo de reinício. Ou então paralisar as operações de um projeto em condições desfavoráveis, resultando numa opção americana de venda, com preço de exercício igual ao custo de paralisação. É evidente e intuitivo que projetos com tais flexibilidades (reinício e paralisação) valem mais que projetos sem tais flexibilidades.

## 2.6. Modelagem de Incertezas como Processos Estocásticos

Um processo estocástico é uma variável que se desenvolve no tempo de uma maneira que é pelo menos parcialmente aleatória e imprevisível. De maneira formal, um processo estocástico é definido por uma lei de probabilidade para a evolução de uma variável  $x$  durante um tempo  $t$  (DIXIT & PINDICK, 1994). Essa aleatoriedade é que habilita os processos estocásticos para a modelagem da incerteza sobre a evolução de uma variável como, por exemplo, o preço de um ativo (SCARTEZINI, 2006). Os processos estocásticos podem ser classificados,

basicamente, em função do seu comportamento estacionário (média e variância da variável aleatória se mantêm constantes no tempo) ou não estacionário (valor esperado da variável aleatória tende ao infinito e variância proporcional ao tempo). Com relação à ocorrência da variável objeto, podem-se classificar os processos como de Estado Discreto (variável discreta) ou de Estados Contínuo (a variável contínua). Quanto à ocorrência da variável tempo, podem ser classificados como de Tempo Discreto (variável tempo é discreta) ou de Tempo Contínuo (variável tempo é contínua).

O processo estocástico mais simples é aquele onde o Tempo e o Estado são discretos. Esse processo é conhecido como *Random Walk*. Esse processo pode ser equacionado da seguinte forma:

$$x_t = x_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Onde  $\varepsilon_t$  é uma variável aleatória com a distribuição de probabilidade

$$\text{prob}(\varepsilon_t = 1) = \text{prob}(\varepsilon_t = -1) = \frac{1}{2} \quad (t = 1, 2, 3 \dots).$$

Variando-se as características de Estacionariedade, Estado e Tempo é possível definir processos estocásticos que sejam capazes de modelar a evolução de variáveis mais complexas com o tempo.

O Processo de Wiener (também conhecido como Movimento Browniano) é um processo estocástico não-estacionário de tempo contínuo com valor esperado zero e variância  $\sqrt{dt}$ . Esse processo é utilizado na Física para descrever o movimento de partículas sujeitas a um grande número de choques moleculares (HULL, 2003). Considerando um intervalo  $\Delta t \rightarrow 0$ , o incremento do Processo de Wiener pode ser representado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} E(dz) &= 0 \\ dz = \varepsilon_t \sqrt{\Delta t} &\Rightarrow \text{Var}(dz) = dt \Rightarrow dz \sim N(0, \sqrt{dt}) \\ \sigma(dz) &= \sqrt{dt} \end{aligned} \quad (6)$$

É possível generalizar o Processo de Wiener, introduzindo um parâmetro de *drift* (a) e um parâmetro de variância (b), ambos constantes, formando o conhecido como Processo de Wiener Generalizado (ou Movimento Browniano Generalizado). Neste processo, uma variável  $x$  pode ser definida, em termos do incremento de Wiener ( $dz$ ) como:

$$dx = a dt + b dz \quad (7)$$

Onde  $a = \mu$ ,  $b = \sigma$  e  $dz = \varepsilon\sqrt{dt}$  e  $\varepsilon \sim N(0,1)$ .

Se considerarmos os parâmetros de *drift* (a) e variância (b) como funções do estado e do tempo, forma-se um processo estocástico mais complexo, conhecido como Processo de Itô, dado pela seguinte equação:

$$dx = a(x,t)dt + b(x,t)dz \quad (8)$$

Um dos processos estocásticos mais utilizados no estudo da Teoria de Opções Reais é o Movimento Geométrico Browniano (MGB), um caso particular do Processo de Itô. Este processo será descrito com mais detalhes no sub-capítulo 2.6.1 a seguir.

### 2.6.1. A Simulação de Monte Carlo

A Simulação de Monte Carlo é uma técnica que gera soluções aproximadas para diversos problemas matemáticos, envolvendo o uso de números aleatórios e funções de probabilidade, com o benefício de reduzir a incerteza na estimativa de resultados futuros de uma variável.

O mérito da criação deste método é do matemático polonês Stanislaw Ulam, muito conhecido por ser um dos criadores da bomba de hidrogênio, em 1951. O método foi criado diante de uma tentativa de calcular as probabilidades de sucesso em jogos de azar, na época muito populares no cassino de Monte Carlo, em Mônaco.

Segundo WITTEWER (2004), a Simulação de Monte Carlo é um método de análise da propagação de incertezas, onde o objetivo é determinar de que forma variações aleatórias, falta de informações e erros afetam a sensibilidade, desempenho e confiabilidade do sistema objeto da modelagem. Essa análise avalia, de forma iterativa, um modelo determinístico utilizando números aleatórios como dados de entrada, sendo estes gerados através de funções distribuição de probabilidade (como por exemplo, normal, lognormal, exponencial, entre outras) que melhor se ajustem ao modelo proposto. Utilizando números aleatórios, o modelo deixa de ser determinístico e passa a ser estocástico.

Na Teoria Financeira, a Simulação de Monte Carlo é geralmente utilizada no cálculo do valor de empresas, na avaliação de projetos de investimentos e na avaliação de derivativos financeiros. Pode ser usada como um método numérico

alternativo para cálculo do valor de uma opção, em conjunto com o método da equivalência de neutralidade ao risco (DIAS, 1996).

Neste Trabalho será aplicada a Simulação de Monte Carlo com o objetivo de modelar os preços de *commodities* de acordo com dois processos estocásticos muito utilizados na Teoria de Opções Reais: o Movimento Geométrico Browniano e o Processo de Reversão à Média.

### 2.6.2.

#### O Movimento Geométrico Browniano

O MGB é um processo de difusão log-normal, onde a variância cresce com o tempo. É um caso particular do Processo de Itô, onde os parâmetros de *drift* e variância são funções do estado:

$$dx(t) = \alpha x(t)dt + \sigma x(t)dz \quad (9)$$

Onde:

$\alpha$  é o parâmetro de *drift* (ou taxa de ganho de capital).

$\sigma$  é a volatilidade de  $x$ .

$dz$  é o incremento de Wiener, sendo que  $dz = \varepsilon\sqrt{dt}$  e  $\varepsilon \sim N(0,1)$ .

O valor esperado e a variância da variável objeto que segue um MGB são demonstrados por DIXIT & PINDICK (1994) e apresentados nas seguintes equações:

$$E[x(t)] = x_0 e^{\alpha t} \quad (10)$$

$$Var[x(t)] = x_0^2 e^{2\alpha t} (e^{\sigma^2 t} - 1) \quad (11)$$

DIAS (2001) apresenta as equações discretizadas de modelagem de variáveis comportando-se de acordo com um MGB. Segundo este autor é possível modelar as variáveis através de um processo real (usando um *drift* real e uma taxa de desconto ajustada ao risco) ou através de um processo neutro ao risco (com *drift* neutro ao risco e a taxa livre risco como taxa de desconto).

A simulação real utiliza o *drift* real  $\alpha$  e comporta-se de acordo com a Equação (12).

$$P(t + \Delta t) = P(t) \exp \left[ (\alpha - 0,5\sigma^2) \Delta t + \sigma \Delta t^{1/2} \varepsilon \right] \quad (12)$$

A simulação neutra ao risco utiliza o *drift* neutro ao risco  $\alpha' = \alpha - (\mu - r)$  e comporta-se de acordo com a Equação (13) a seguir.

$$P(t + \Delta t) = P(t) \exp \left[ (\alpha - (\mu - r) - 0,5\sigma^2)\Delta t + \sigma \Delta t^{1/2} \varepsilon \right] \quad (13)$$

Onde:

$(\mu - r)$  é o prêmio de risco.

Para a modelagem de alguns preços, no entanto, existem críticas ao MGB, dada a sua propriedade de divergência. Esse fato abre espaço para o estudo e aplicação de modelos que levem em conta fatores mercadológicos relacionados à Oferta e Demanda. No subitem 2.6.3 a seguir será explorado um processo que leva em conta tais fatores.

### 2.6.3.

#### O Processo de Reversão à Média

Os Modelos de Reversão à Média (MRM) resumem-se na hipótese de o preço de um ativo, com o passar do tempo, tender para um preço de equilíbrio. Essa hipótese tenta preencher uma lacuna deixada pela modelagem de processos estocásticos que divergem ao longo do tempo (como é o caso do Movimento Geométrico Browniano), fato que, para algumas variáveis tais como o preço de *commodities*, pode não representar a realidade.

DIXIT & PINDICK (1994, p.74) ressaltam que os preços de algumas *commodities*, embora possam variar de forma aleatória no curto prazo, no longo prazo tendem a reverter seu comportamento na direção de seus custos marginais de produção. A própria hipótese de equilíbrio de mercado vem ao encontro da reafirmação deste raciocínio, pois, um aumento (decréscimo) de preços estimularia um aumento (redução) da oferta, o que, naturalmente, contribuiria para uma redução (aumento) dos preços. DIAS (1996, p.116) classifica os MRM's em dois grupos. O primeiro é mais usado em aplicações econômicas e produtivas e é baseado no processo de Ornstein-Uhlenbeck. O segundo grupo, usado em aplicações no mercado financeiro (taxas de juros, inflação, entre outras variáveis), usa a família de equações do tipo descrito em SHIMKO (1992, pg.11).

O processo de Ornstein-Uhlenbeck apresenta algumas variações na literatura acadêmica, diferindo na forma da equação estocástica, de acordo com as

condições de contorno dos estudos específicos que utilizam tal processo. A forma mais simples desse processo é o Modelo Aritmético de Ornstein-Uhlenbeck. Sua equação estocástica é mostrada na Equação (14) a seguir:

$$dx(t) = \eta(\bar{x} - x) dt + \sigma dz(t) \quad (14)$$

Onde:

$\eta$  é a velocidade de reversão à média;

$\bar{x}$  é a média de longo prazo para qual a variável  $x$  tende a reverter;

$\sigma$  é a volatilidade do processo; e

$dz$  é o Processo de Weiner, sendo que  $dz = \varepsilon\sqrt{dt}$  e  $\varepsilon \sim N(0,1)$

DIXIT & PINDICK (1994, p.90-91), mostram que a variável  $dx(t)$  tem distribuição normal e demonstram as Equações (15) e (16), respectivamente, para a média e a variância:

$$E[x(t)] = x(0)e^{-\eta t} + \bar{x}(1 - e^{-\eta t}) \quad (15)$$

$$Var[x(t)] = \frac{\sigma^2}{2\eta} \left(1 - e^{-2\eta t}\right) \quad (16)$$

Na aplicação deste processo estocástico para a modelagem de preços, é comum se modelar o logaritmo natural dos preços ( $x(t) = \ln P_t$ ) de forma a evitar a ocorrência de preços negativos na simulação. Isso faz com que os preços se comportem como distribuições log-normal, com média  $E[P_t] = e^{E[x(t)]}$ .

Pode-se encontrar em DIAS (2001) a equação real de simulação discretizada de preços de uma variável que segue uma tendência de reversão à média:

$$P_t = \exp \left( \ln(P_{t-\Delta t}) e^{-\eta\Delta t} + \ln \bar{P} (1 - e^{-\eta\Delta t}) - (1 - e^{-2\eta\Delta t}) \frac{\sigma^2}{4\eta} + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2\eta\Delta t}}{2\eta}} \varepsilon \right) \quad (17)$$

Uma proposta analítica para a modelagem de preços de *commodities* por reversão à média foi dada por SCHWARTZ (1997). Sua solução desconta o prêmio de risco de mercado normalizado  $(\mu - r)/\eta$  do logaritmo da média de longo prazo, de modo a gerar um processo livre de risco.

Essa lógica é seguida por DIAS (2001, p.7) e apresentada aqui na Equação (18), que pode ser utilizada na simulação neutra ao risco de preços discretos que seguem uma tendência de reversão à média.

$$P_t = \exp \left( \ln(P_{t-\Delta t}) e^{-\eta \Delta t} + [\ln \bar{P} - (\frac{\mu - r}{\eta})] (1 - e^{-\eta \Delta t}) - (1 - e^{-2\eta \Delta t}) \frac{\sigma^2}{4\eta} + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2\eta \Delta t}}{2\eta}} \varepsilon \right) \quad (18)$$

Onde:

$\eta$  é a velocidade de reversão à média do insumo/subproduto.

$\sigma$  é a volatilidade dos preços do insumo/subproduto.

$\bar{P}$  é o preço médio de longo prazo para qual os preços tendem a reverter.

$(\mu - r) / \eta$  é o prêmio de risco normalizado do insumo/subproduto.

$\varepsilon \sim N(0,1)$ .



### 3 O Biodiesel

Uma definição ampla de Biodiesel pode considerá-lo como "qualquer combustível de biomassa que possa substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil em motores do ciclo diesel, automotivos e estacionários". Esta designação se aplica aos ésteres de ácidos graxos obtidos principalmente por transesterificação metílica ou etílica de óleos vegetais ou gorduras que podem ser utilizados como combustível diretamente em motores ciclo diesel, em substituição total ou parcial do diesel fóssil. O Biodiesel é de enorme importância no Brasil, com um mercado atual correspondendo a 36% do barril de óleo processado, sendo que o seu maior consumidor vem sendo o setor de transportes, com cerca de 57 % do consumo de derivados de petróleo do Brasil, dos quais 89% são destinados ao transporte rodoviário (SCHROEDER, 1996).

O conceito de se utilizar óleo vegetal como combustível data de 1895, quando Rudolph Diesel mostrou que um equipamento movido a diesel, podia ser operado usando óleo de amendoim. Porém, sua utilização como combustível, nunca atraiu muita atenção, exceto nos casos de crises energéticas, como a ocorrida durante a Segunda Guerra Mundial e nos períodos de escassez de energia ocorridos nos anos 70 (RIBEIRO et al., 2003). Com a crescente demanda por novos combustíveis e a redução na descoberta de novas reservas petrolíferas, o desenvolvimento de um combustível renovável é cada vez mais importante. Em 2003, o Brasil consumiu cerca de 36 bilhões de litros de diesel, tendo sido gastos cerca de US\$800 milhões na importação do produto (RIBEIRO et al., 2003). É possível que com a produção de Biodiesel em larga escala no Brasil, o país consiga não só atingir a auto-suficiência em relação a diesel como ainda, pelas suas características geológicas e extensão agrícola, tornar-se um exportador do produto à semelhança do etanol.

O Biodiesel pode ser produzido a partir de diversas oleaginosas, tais como soja, algodão, mamona, palma, coco de babaçu, girassol, nabo forrageiro, pinhão manso, amendoim, canola, abacate, dentre outras. Além de ser produzido a partir

de óleos de sementes, o Biodiesel pode ser produzido também à base de sebo de animais e de óleos de fritura usados. Dentre algumas vantagens do Biodiesel em relação ao óleo diesel derivado do petróleo, pode-se citar a maior capacidade lubrificante, redução das emissões de compostos que contém enxofre, biodegradabilidade e redução de gases nocivos ao Efeito Estufa.

O Biodiesel é um combustível ambientalmente correto, renovável e menos poluente, com vantagens comprovadas sobre o diesel convencional. Quando queimado no motor a diesel, libera muito pouco, ou quase nenhum particulado (36% menos que o Petrodiesel), além de não apresentar qualquer toxicidade para o ser humano. Há ainda a possibilidade de comercializar seus subprodutos, como o glicerol e derivados, além do próprio farelo das sementes oleaginosas destinadas à produção de ração animal, podendo-se assim gerar receitas em todo processo produtivo. Outra vantagem do Biodiesel é que pode ser usado diretamente no motor sem nenhuma modificação ou maiores gastos em manutenção devido ao fato de que suas propriedades físico-químicas são praticamente idênticas ao Petrodiesel, além de possuir um alto poder lubrificante, maior que o diesel fóssil, contribuindo assim para uma maior longevidade das peças do motor.

### **3.1. Panorama Mundial**

A primeira menção do uso de óleos vegetais em motores é do próprio Rudolf Diesel (CHALKLEY, 1919), onde cita que em 1900 a sociedade Otto apresentara na Exposição Universal de Paris um pequeno motor Diesel encomendado pelo governo francês que trabalhava com óleo de amendoim e funcionava tão bem que poucas pessoas perceberam a diferença. Diesel afirmava também que havia recommençado os ensaios em grande escala, com pleno sucesso, confirmando os resultados anteriores. No início da Segunda Grande Guerra, o abastecimento de combustível dos territórios ultramarinos da França, tornou-se bastante crítico atingindo seu ponto mais difícil em 1940. Todas as fontes locais foram utilizadas para corrigir a escassez e, em particular, o uso de óleos vegetais teve um desenvolvimento notável. Porém como todo o processo foi apenas para suprir a emergência, muito se perdeu.

O Biodiesel tem, com total êxito, impulsionado veículos nos Estados Unidos e ao redor do mundo com milhões de quilômetros de uso. Os Estados de Minnesota e Dakota do Norte aprovaram leis que obrigam todo o diesel comercializado nesses estados a terem no mínimo 2% de Biodiesel. Com isso, estima-se que, tomando como referência, apenas no estado de Dakota do Norte haverá uma redução anual nas emissões de 80 toneladas de monóxido de carbono, 9 toneladas de hidrocarbonetos, 7 toneladas de particulados, 7 toneladas de agentes de chuva ácida, além de uma diminuição de 80% nas emissões de agentes cancerígenos. Na França, por lei, todo combustível diesel contém 5% de Biodiesel na mistura, o que gera benefícios não somente reduzindo a poluição dos veículos, mas também reduzindo a dependência do petróleo importado.

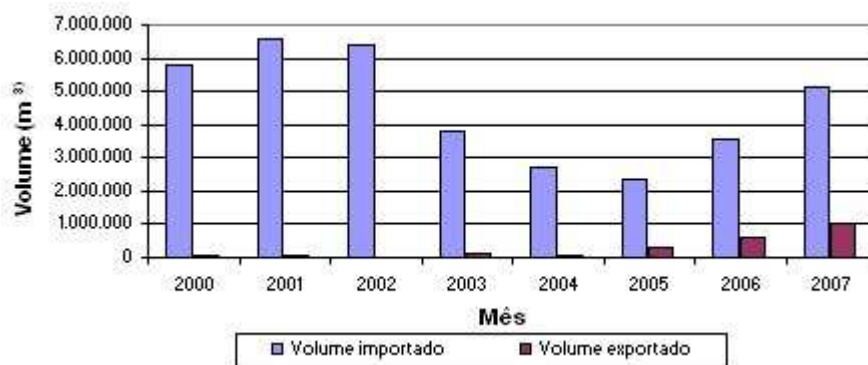
O Biodiesel é largamente usado na Áustria e Alemanha, e está ganhando maior aprovação de uso em inúmeros países do Mercado Comum Europeu. A Alemanha vem recomendando fortemente o uso de Biodiesel em embarcações, uma vez que se trata de um combustível biodegradável evitando-se problemas ecológicos de vazamento de óleo. Nos últimos anos, autoridades de transporte de massa nos Estados Unidos têm participado dos bens sucedidos programas de demonstração do Biodiesel. Estes programas têm demonstrado que o Biodiesel reduz as emissões gasosas a níveis aceitáveis em relação ao Programa de Metas do EPA (Programa de Meio Ambiente Americano), enquanto ao mesmo tempo, mantêm o consumo usual por quilômetro, o desempenho do motor e a longevidade do motor com combustível diesel convencional de petróleo. O Biodiesel tem sido testado por organizações de pesquisa e desenvolvimento, incluindo o Instituto de Pesquisa do Sudoeste Americano e Ortotécnico Internacional (SRIOI), que tem comprovações efetivas nas reduções das emissões do programa alvo do EPA, enquanto mantém o desempenho e duração do motor.

### **3.2. O mercado brasileiro do Óleo Diesel**

Segundo dados da ANP (ANP, 2007a), a produção nacional de óleo diesel no ano de 2007 contabilizou aproximadamente 39,1 milhões de metros cúbicos, um aumento de 1,1% em relação ao ano anterior. Em relação ao setor externo, as importações em 2007 totalizaram cerca de 5,1 milhões de metros cúbicos e foram

superiores às exportações, que totalizaram cerca de 1 milhão de metros cúbicos. Apesar disso, o volume exportado cresceu 73,8% em relação ao ano de 2006, acima do crescimento de 43,8% do volume importado no mesmo período. A **Figura 2** a seguir mostra o comportamento anual da produção interna e dos fluxos brasileiros externos (importação e exportação) do óleo diesel.

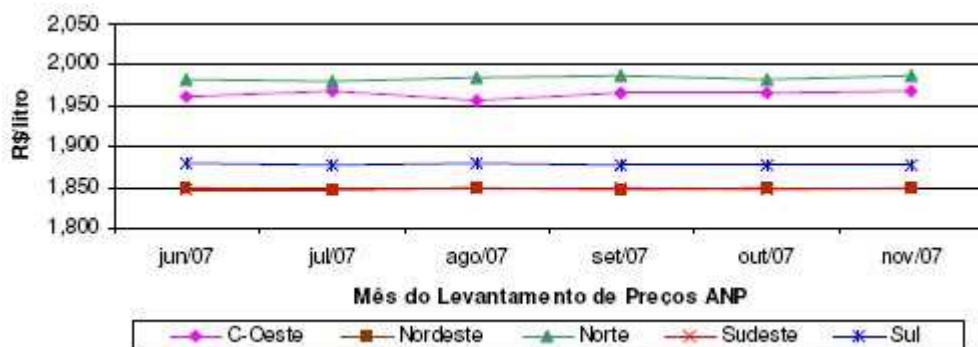
Figura 2 - Volume importado e exportado de Biodiesel no Brasil (2000-2007).



Fonte: ANP (2007a).

A ANP (ANP, 2007b), em seu Relatório Mensal de Acompanhamento de Mercado, de novembro de 2007, mostrou que os preços médios mensais de revenda, na região nordeste, no período de julho a novembro de 2007 mantiveram-se praticamente constantes em torno de R\$1,85/litro. A **Figura 3** a seguir mostra a evolução dos preços médios praticados no período mencionado.

Figura 3 - Preços médios de revenda do óleo diesel por região brasileira.



Fonte: ANP (2007b).

### 3.3. O Biodiesel aditivo no Brasil

Em 13.01.05, foi promulgada a Lei 11.097 (DIÁRIO OFICIAL, 2005), que estabelece como 5%, em volume, o percentual mínimo de adição de Biodiesel ao diesel consumido no Brasil (mistura B5). A Lei estabelece 8 (oito) anos, a partir de sua promulgação, o prazo para a total implementação desta proporção de mistura. Entre 2008-2013, a proporção de mistura deverá ser obrigatoriamente de 2% v/v (mistura B2), prazo que iniciou em 13 de janeiro de 2008. Os prazos estabelecidos podem ser reduzidos por resoluções do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), em face das condições de fornecimento e produção, desempenho do biocombustível nos motores diesel e implicações sociais.

Para ser autorizada uma antecipação dos prazos pelo CNPE faz-se necessário que o segmento de Biodiesel e as demais áreas correlacionadas a ele atendam os seguintes critérios: a) a disponibilidade de oferta de matéria-prima e a capacidade industrial para produção de Biodiesel; b) a participação da agricultura familiar na oferta de matérias-primas; c) a redução das desigualdades regionais; d) o desempenho dos motores com a utilização do combustível; e) as políticas industriais e de inovação tecnológica (SEBRAE, 2007).

Através da Resolução nº 02, de 13 de março de 2008, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) decidiu elevar de 2% (dois por cento) para 3% (três por cento) o percentual de mistura obrigatória de Biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final em qualquer parte do território nacional.

Em janeiro de 2013, a obrigatoriedade de adição do Biodiesel à mistura passará para 5% (B5). Existe a possibilidade também de empregar percentuais de mistura mais elevados e até mesmo o Biodiesel puro (B100), dependendo de autorização da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A **Figura 4** resume os percentuais definidos pela Lei 11.097 e pela Resolução nº 02.

Figura 4 - Percentuais de adição do Biodiesel ao Diesel.



O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel possui extensa legislação que regulamenta e autoriza o uso comercial em todo o território nacional. A obrigatoriedade se restringe ao volume de Biodiesel produzido por detentores do selo “Combustível Social”. Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), a medida leva em conta “a necessidade de induzir investimentos, de forma imediata, para o aumento da produção e oferta nacionais de Biodiesel que assegurem a viabilidade, em todo o país, da adoção do percentual mínimo obrigatório de 2% de adição deste biocombustível ao óleo diesel de petróleo”.

O produtor de Biodiesel detentor do Selo Combustível Social, concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA, é obrigado a adquirir 50% de sua matéria-prima de produtor familiar ou de associações dos mesmos e são somente os detentores do Selo Combustível Social que se habilitam a participar dos leilões públicos promovidos pela Agência Nacional de Petróleo (ANP).

### 3.4. Os Leilões nacionais do Biodiesel

O Conselho Nacional de Política Energética, como forma de desenvolver um mecanismo de produção de Biodiesel até 2008, quando este passou a ser obrigatório, adotou uma medida de antecipação da obrigatoriedade, por meio de leilões públicos.

Segundo a SAF-MDA (2007), os leilões foram estruturados para:

- Incrementar a participação do Biodiesel na matriz energética nacional, segundo as políticas econômica, social e ambiental do Governo Federal.
- Estimular investimentos na cadeia de produção e comercialização do Biodiesel.
- Possibilitar a participação combinada da agricultura familiar e do agronegócio no fornecimento de matérias-primas.

As aquisições de Biodiesel são realizadas por leilões públicos promovidos pela ANP, nos quais participam como ofertantes as usinas produtoras de Biodiesel. Até dezembro de 2007, a ANP realizou sete leilões, nos quais foram comercializados 1,265 bilhões de litros de Biodiesel (1,265 milhões de m<sup>3</sup>) com preços por litro variando entre R\$ 1,747/litro e R\$ 1,905/litro. A Petrobras, em dezembro de 2007, realizou seu primeiro leilão de Biodiesel, adquirindo um total de 100 milhões de litros do combustível a um preço médio de R\$ 2,186/litro. A **Tabela 1**, a seguir, mostra os resultados desses leilões.

Tabela 1 - Resultados dos Leilões realizados pela ANP e Petrobras.

Leilão	Comprador	Data	Entrega	Volume arrematado (m <sup>3</sup> )	Preço de referência (R\$/litro)	Preço Médio Final (R\$/litro)	Deságio do lote (%)
1º	ANP	nov/05	Jan/06 a Dez/06	70000	-	1,905	-
2º	ANP	mar/06	Jul/06 a Jun/07	170000	1,908	1,860	-2,5
3º	ANP	jul/06	Jan/07 a Dez/07	50000	1,905	1,754	-7,9
4º	ANP	jul/06	Jan/07 a Dez/07	550000	1,905	1,747	-8,3
5º	ANP	fev/07	até dez/07	45000	1,905	1,862	-2,2
6º	ANP	nov/07	Jan/08 a Jun/08	304000	2,400	1,867	-22,2
7º	ANP	nov/07	Jan/08 a Jun/08	76000	2,400	1,863	-22,4
8º	Petrobras	dez/07	Até Fev/08	100000	2,682	2,186	-18,5

Fonte: ANP (2007).

Um dos possíveis motivos para o aumento do preço do Biodiesel no 8º Leilão em relação aos leilões anteriores deve-se à responsabilidade pelo transporte do Biodiesel até as refinarias, que, neste último Leilão, ficou por conta das usinas.

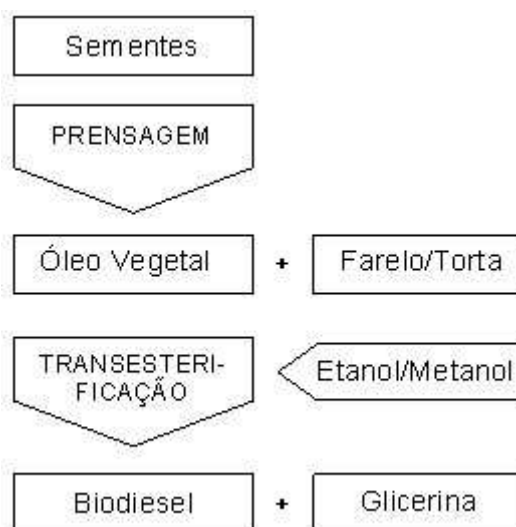
Segundo a ANP (ANP, 2007a), a produção nacional de Biodiesel, em 2007, foi de 402.726 m<sup>3</sup>, bem acima da produção nacional de 2006 (69000 m<sup>3</sup>), mas ainda abaixo da necessidade anual estimada de 1 bilhão de litros ao ano para

suprir a obrigatoriedade da mistura B3 nos próximos 5 anos. Essa oferta reprimida para uma demanda garantida traz uma previsão otimista de aumento dos preços.

### 3.5. O Processo produtivo do Biodiesel

O Biodiesel é um éster metílico produzido por um processo químico (a transesterificação) que reage óleos vegetais (virgens ou usados) com um álcool, em presença de um catalisador. A transesterificação pode ser substituída por processos como a esterificação ou o craqueamento. O óleo vegetal, por sua vez, é obtido por intermédio do esmagamento dos grãos, gerando como subproduto o farelo ou torta, dependendo da oleaginosa utilizada como insumo. A **Figura 5**, a seguir, mostra de forma simples os processos envolvidos na produção do Biodiesel.

Figura 5 - Processo simplificado de produção do Biodiesel.



Entre os álcoois que podem ser empregados no processo, estão o metanol, etanol, propanol, butanol e o álcool amílico, sendo o metanol ainda o preferido devido a seu mais baixo custo e por sua maior atividade (BENDER, 1999). Além disso, MENDES (2005) ressalta que o metanol é mais utilizado por razões de natureza física e química (cadeia curta e polaridade). O glicerol é produzido como subproduto da transesterificação. Este produto tem grande importância para a indústria de cosméticos além de outras aplicações possuindo alto valor agregado.



As reações químicas detalhadas e suas respectivas proporções em massa são apresentadas por MENDES (2005). A **Figura 6** mostra com detalhes tais reações.

Figura 6 - Reação química do Biodiesel (transesterificação de glicerídeos).

<b>Óleo (Triglicerídeos)</b>	<b>+ Álcool</b>	<b>= Éster(Biodiesel)</b>	<b>+ Glicerina</b>
<b>1.000 kg (aprox.)</b>	<b>+ 100 kg</b>	<b>= 1.000 kg</b>	<b>+ 100 kg</b>
<b>ROTA ETÍLICA (reagente etanol)</b>			
$C_{57}H_{104}O_9$	<b>+ <math>3C_2H_6O</math></b>	<b>= <math>3C_{20}H_{38}O_3</math></b>	<b>+ <math>C_3H_8O_3</math></b>
954 Kg	<b>+ 140 Kg</b>	<b>= 1000 Kg</b>	<b>+ 94 Kg</b>
<b>ROTA METÍLICA (reagente metanol)</b>			
$C_{57}H_{104}O_9$	<b>+ <math>3CH_4O</math></b>	<b>= <math>3C_{19}H_{36}O_3</math></b>	<b>+ <math>C_3H_8O_3</math></b>
995 Kg	<b>+ 140 Kg</b>	<b>= 1005 Kg</b>	<b>+ 94 Kg</b>

Fonte: Mendes (2005).

### 3.6.

#### Insumos e subprodutos envolvidos na produção do Biodiesel

##### 3.6.1.

##### Soja

A soja (*Glycine Max*) surgiu como importante nutriente em meados do primeiro milênio e tem sido cultivada na China há séculos, por mais de 5000 anos. Sua espécie mais antiga, a soja selvagem, crescia principalmente nas terras baixas e úmidas, nas proximidades dos lagos e rios da China Central. Há três mil anos a soja se espalhou pela Ásia, onde começou a ser utilizada como alimento. Somente no século XVIII pesquisadores europeus iniciaram estudos do feijão da soja como fonte de óleo e nutriente animal e no início do século XX passou a ser cultivada comercialmente nos Estados Unidos (CASTILHO, 2005).

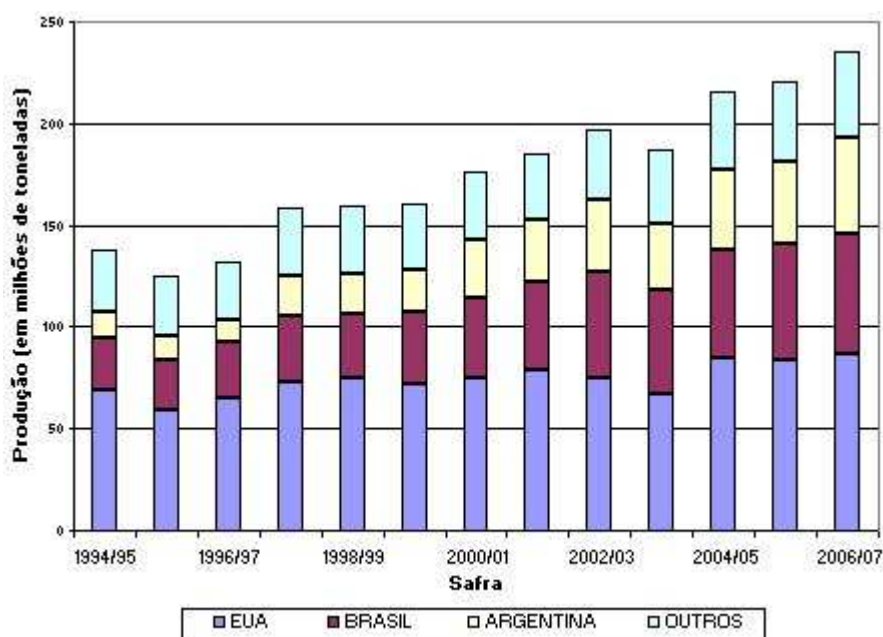
A soja chegou ao Brasil via Estados Unidos, em 1882. Gustavo Dutra, então professor da Escola de Agronomia da Bahia, realizou os primeiros estudos de avaliação de cultivares introduzidas daquele país. Apesar disso, só a partir da década de 1960 que a soja se estabeleceu como cultura economicamente importante para o Brasil, impulsionada pela política de subsídios ao trigo, visando sua auto-suficiência nacional e, para, na década seguinte, se consolidar como a principal cultura do agronegócio brasileiro, passando de 1,5 milhões de toneladas (1970) para mais de 15 milhões de toneladas (1979). Nesse período, mais de 80% do volume produzido na época concentrava-se na Região Sul do Brasil, mas a

partir da década de 1980, houve um crescimento explosivo da produção desta cultura na Região Centro-Oeste do país, destacando-se, até o período atual, o Estado do Mato Grosso (EMBRAPA, 2003).

O óleo de soja é produzido através do processo de esmagamento e tem como subproduto o farelo de soja. Aproximadamente 12% do peso em grãos é transformado em óleo, sendo o restante transformado em farelo, que tem sua maior utilização na produção de rações para gado.

No atual cenário mundial, de acordo com dados do *United States Department of Agriculture* (USDA, 2008), os Estados Unidos são os maiores produtores de soja, tendo produzido, na safra de 2005/06, aproximadamente 83,3 milhões de toneladas, seguidos do Brasil (cerca de 57 milhões de toneladas) e da Argentina (cerca de 40,5 milhões de toneladas). A **Figura 7** a seguir mostra a produção mundial de soja, para as safras de 1994/95 a 2006/07.

Figura 7 - Produção mundial de soja - Safras 94/95 a 2006/07 (em milhões de toneladas).

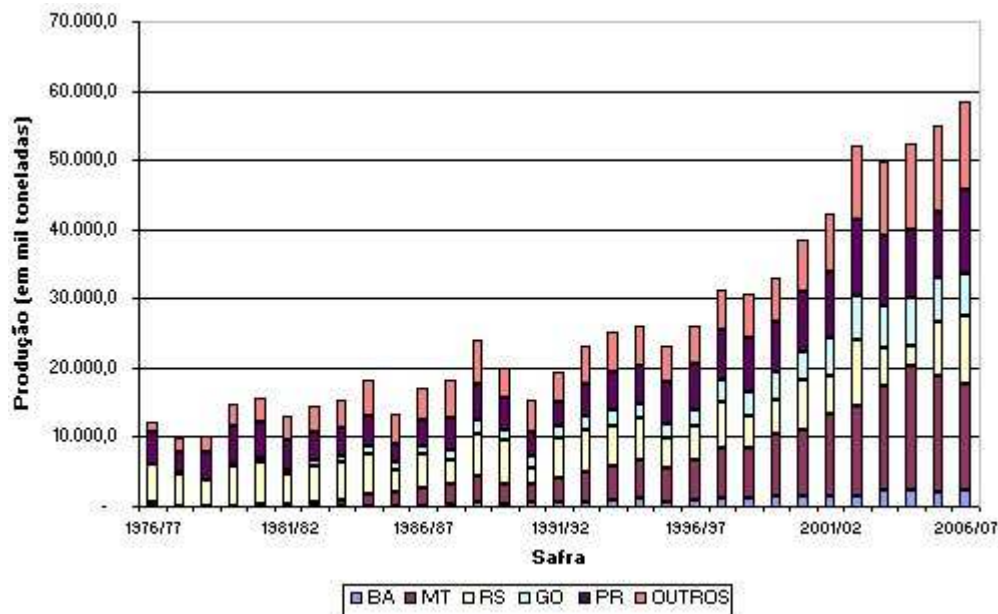


Fonte: Gráfico elaborado pelo autor com base em USDA (2008).

No mercado interno, segundo a Série Histórica de Produção de soja para as safras de 1976/77 até 2006/07 elaborada pelo CONAB (CONAB, 2008), o maior Estado produtor de soja no Brasil, na safra de 2005/06, é o Mato Grosso, com uma produção de cerca de 16,7 milhões de toneladas, seguido dos Estados do Paraná, com produção de aproximadamente 9,6 milhões de toneladas, e do Rio Grande do

Sul, com cerca de 7,8 milhões de toneladas. Essa série de produção pode ser vista em sua totalidade na **Figura 8** a seguir.

Figura 8 - Produção brasileira de soja - Safras 1976/77 a 2006/07 (em mil toneladas).



Fonte: CONAB (2008).

### 3.6.2. Mamona

Cientificamente conhecida como *Ricinus Communis L.*, a mamoneira é uma das espécies da família das Euforbiáceas, de onde se extrai um fruto (mamona) com alto teor de óleo em sua semente.

A extração do óleo de sua semente é realizada por meio de prensagem ou através do uso de solventes. Esse óleo tem sido utilizado na indústria de cosméticos, na indústria automotiva, como componente de polímeros ou como lubrificante para motores de alta rotação e carburante de motores a diesel e como fluido hidráulico em aeronaves (PIRES et al., 2004).

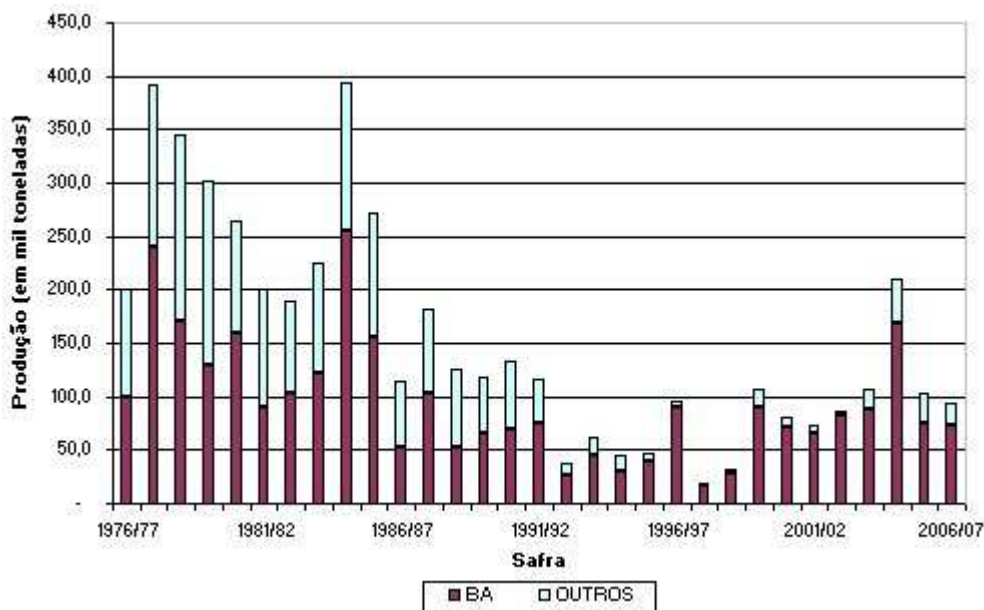
O subproduto da extração do óleo, a torta de mamona, tem uso agrícola precioso para provimento da matéria orgânica ao solo. Outra utilização da torta de mamona é no controle de nematóides (parasitas que causam danos econômicos importantes nas culturas do café, soja, hortaliças etc.), pelo seu potencial nematicida. Desintoxicada, pode ser utilizada na alimentação animal. No que se relaciona à área agrícola verifica-se que o aproveitamento é total. Os resíduos

vegetais podem ser aproveitados para obtenção de celulose, matéria orgânica e reciclagem de nutrientes. A casca do fruto tem, igualmente, o mesmo aproveitamento. Os produtos obtidos pela agroindústria da mamona podem ser considerados “produtos verdes”, possibilitando, não somente a diminuição de insumos químicos agrícolas, como a produção de produtos biodegradáveis.

A partir da década de 1970, a mamona, assim como outras fontes renováveis de energia, ganhou destaque pela possibilidade de utilização como substituto dos derivados do petróleo (FREITAS, 2005). Devido a sua facilidade de cultivo e alto teor de óleo em sua semente, ela tem se mostrado como uma oleaginosa atrativa para a produção do Biodiesel.

Segundo PIRES et al. (2004, apud FAO, 2004), o mercado mundial de mamona, em 2003, era liderado pela Índia (respondendo por 51%), seguidos da China (35%) e do Brasil (8%). Em âmbito nacional, a Região Nordeste brasileira possui grande potencial de expansão do cultivo da mamona. Segundo BELTRÃO et al. (2004), dos 452 municípios da Região Nordeste que apresentam potencial de produção de mamona, 189 estão localizados no Estado da Bahia. De acordo com levantamento do Ministério da Agricultura (CONAB, 2008), na Bahia foram produzidas, na safra 2005/06, 693 kg de sementes por hectare. Segundo esse mesmo levantamento, a área plantada, foi de 108,1 mil hectares. O volume da produção dessa região nesse período foi de 74,9 mil toneladas, equivalente a cerca de 72% da produção nacional (103,9 mil toneladas). A **Figura 9** a seguir mostra a Série Histórica de Produção de mamona para as safras de 1976/77 a 2006/2007.

Figura 9 - Produção brasileira de mamona - Safras 1976/77 a 2006/07 (em mil toneladas).



Fonte: CONAB (2008).

### 3.6.3. Algodão

O algodão, conhecido cientificamente como *Gossypium hirsutum* L, é considerado uma das mais importantes fibras têxteis, naturais ou artificiais. Apesar de sua cultura do algodão girar em torno do setor têxtil, tendo sua pluma como principal produto, o algodão produz também diversos sub-produtos, destacando-se o línter (cerca de 10% da semente), o óleo bruto (cerca de 15,5% da semente), a torta (quase 50% da semente), além da casca e do resíduo (4,9% do total) (LEIRAS, 2006, apud Embrapa Algodão, 2005b).

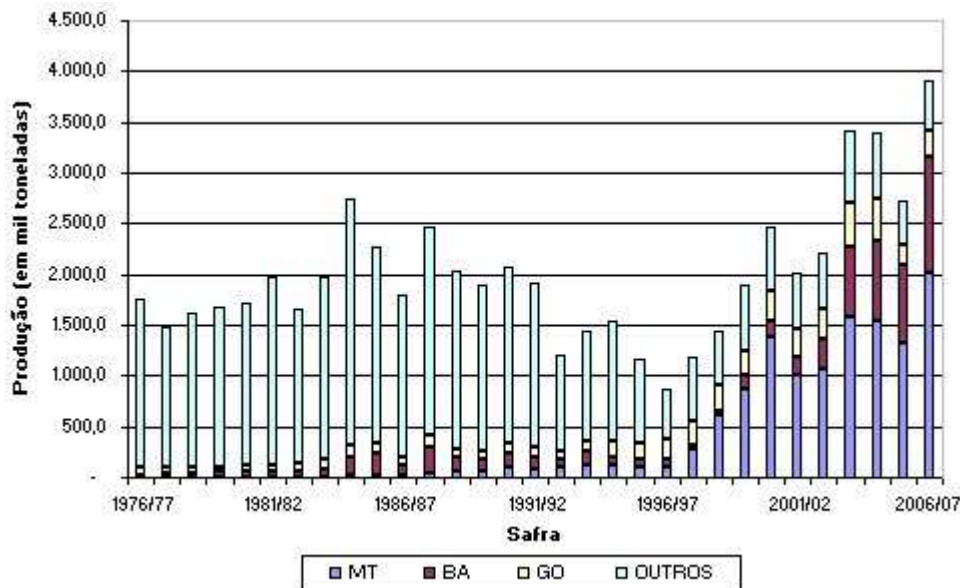
Após a remoção da pluma, o caroço do algodão é aberto, liberando o grão, que é esmagado para a extração do óleo, processo feito por prensagem hidráulica ou usando extratores químicos. Trata-se do óleo vegetal mais antigo produzido industrialmente, tendo sido consumido em larga escala no Brasil, e reduzido com o aumento da produção de soja (EMBRAPA, 2006).

A torta de algodão, obtida após a extração do óleo, pode ser usada como fertilizante na indústria de corantes, na alimentação animal e na fabricação de farinhas alimentícias, após desintoxicação; entretanto, sua principal aplicação

reside na elaboração de rações animais, devido ao seu alto valor protéico (EMBRAPA, 2006).

Em relação aos aspectos produtivos do mercado de algodão, SANTOS & KOURI (2007) apontam que, com base na safra de 2005/06, o Brasil figurou como o sexto maior produtor mundial de algodão, ficando abaixo, por ordem decrescente de importância, da China, Estados Unidos, Índia, Paquistão e Uzbequistão. No mercado interno, segundo a Série Histórica de Produção do Algodão para as safras de 1976/77 até 2006/07 elaborada pelo CONAB (CONAB, 2008), o maior Estado produtor de algodão no Brasil na safra de 2005/06, considerando produção total de caroço e pluma, é o Mato Grosso, com uma produção de 1307,6 mil toneladas, seguido dos Estados da Bahia, com produção de aproximadamente 781,7 mil toneladas, e de Goiás, com 193,8 mil toneladas. Essa série de produção, em termos de produção nacional de algodão em caroço e pluma, pode ser vista em sua totalidade na **Figura 10** a seguir.

Figura 10 - Produção brasileira de algodão (caroço e pluma) - Safras 1976/77 a 2006/07 (em mil toneladas).



Fonte: CONAB (2008).

### 3.6.4. Etanol

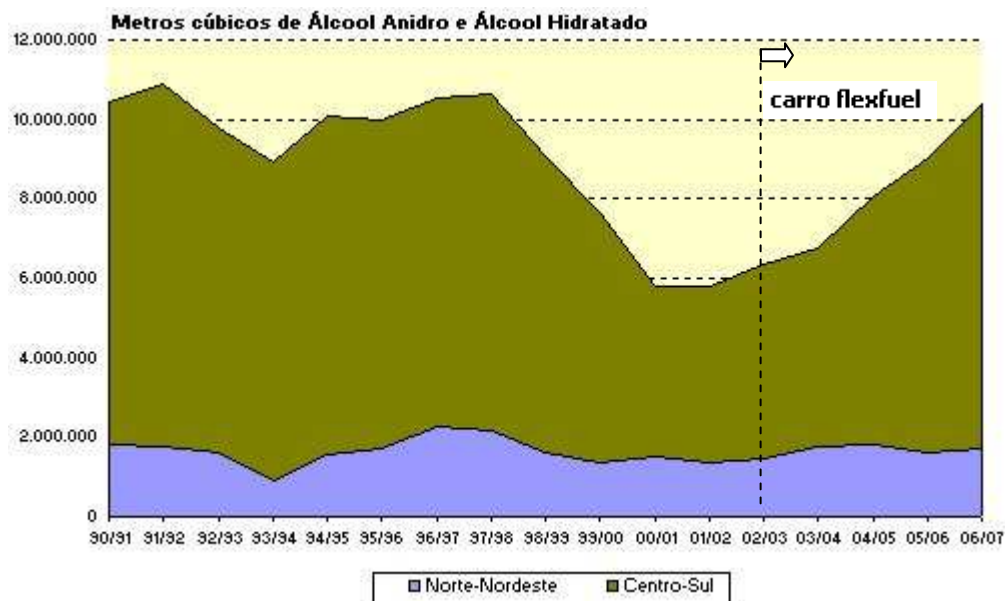
O Etanol (álcool etílico) caracteriza-se por ser um composto orgânico obtido por meio da fermentação do amido e outros açúcares, existente na cana-de-açúcar, nos açúcares da uva e cevada e também mediante processos sintéticos. No Brasil, devido a sua tradição colonial açucareira, a cana-de-açúcar foi a fonte que sobressaiu.

O uso do etanol como combustível se deu no início do século XX com o desenvolvimento dos primeiros motores a combustão interna, mas perdeu força com o início do uso de combustíveis derivados do petróleo, de custo mais baixo e com abundância de reservas. Com as grandes crises do Petróleo em 1973 e 1979, a busca por novas fontes de energia alternativas e renováveis, trouxe o ressurgimento do etanol como combustível.

No Brasil, em 1975, foi instituído o Proálcool, com a finalidade de produzir e expandir a produção nacional do álcool etílico anidro (viável como matéria-prima para as indústrias químicas) e diminuir parte da necessidade do petróleo como combustível, com a adição do etanol à gasolina. A partir de 1984, como lembra MARCOCCIA (2007), o Programa Proálcool começa a perder apoio governamental, tendo como fatores principais a diminuição da dependência externa do petróleo gerada pelo aumento da produção nacional (Petrobras) e a prioridade do governo em controlar a inflação e o déficit público.

Sua participação no processo produtivo do Biodiesel se dá na etapa de transesterificação, reação de separação da glicerina dos óleos vegetais. O crescimento do mercado brasileiro do etanol nos últimos anos pode ser visto na **Figura 11**, que mostra as safras brasileiras totais do etanol (álcool anidro e álcool hidratado) de 1990/91 a 2006/07, divulgada pela União da Indústria de Cana de Açúcar (UNICA, 2007).

Figura 11 - Produção brasileira do etanol - Safras 1990/91 a 2006/07 (em metros cúbicos).



Fonte: UNICA (2007).

Na **Figura 11**, é possível notar um aumento significativo da produção a partir de 2003. Um dos motivos para isso foi a introdução recente, em 2003, dos carros *flex-fuel* no mercado brasileiro. Além disso, o atual incentivo brasileiro ao Biodiesel (através do Programa ProBiodiesel) pode ter contribuído para esse crescimento do mercado deste álcool, dada a possibilidade do uso do etanol no processo produtivo do Biodiesel.

### 3.6.5. Glicerina

A Glicerina ou Glicerol, conhecida cientificamente como *propano-1,2,3-triol*, é um composto orgânico líquido à temperatura ambiente (25°C), higroscópico, inodoro, viscoso e de sabor adocicado. O termo Glicerina refere-se ao produto na forma comercial, com pureza acima de 95%.

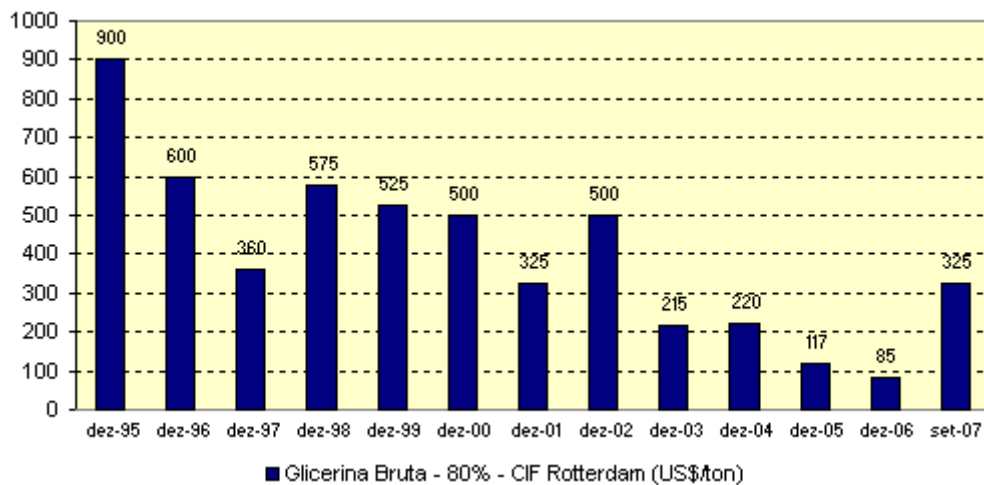
A glicerina tem grande aplicação na indústria farmacêutica (participando na composição de cápsulas, anestésicos, pomadas, entre outros), indústria cosmética (emolientes e umectantes em pastas de dente, desodorantes, maquiagens, entre outros), indústria do tabaco (composição de filtros de cigarros), indústria têxtil (aumenta a flexibilidade das fibras) e indústria alimentícia (conservante de bebidas e alimentos).



No processo produtivo do Biodiesel é o subproduto da reação de transesterificação. Como será mostrado no Capítulo 5, gera-se aproximadamente 90kg de glicerina gerada para cada 1000 litros de Biodiesel produzido. Considerando-se a demanda brasileira anual aproximada de 1 bilhão de litros de Biodiesel para os próximos cinco anos (decorrente da adição obrigatória de 2% de Biodiesel à mistura do Óleo Diesel), seriam produzidos no Brasil, somente com o Biodiesel, cerca de 9000 mil toneladas de glicerina por ano. Esse excesso de produção traz perspectivas de futuras quedas do preço da glicerina.

Segundo a Brasil Ecodiesel (ECODIESEL, 2007), um dos maiores produtores de Biodiesel no mercado brasileiro, entre 2002 e 2005, o substancial crescimento da produção mundial de Biodiesel, especialmente na Europa, desequilibrou a relação oferta e demanda da glicerina, pressionando sua cotação para os menores patamares da história. A **Figura 12** mostra a evolução do preço da glicerina no mercado de Rotterdam.

Figura 12 - Evolução do preço da Glicerina Bruta - Rotterdam - dez/95 a set/07 (em US\$/ton).



Fonte: ECODIESEL (2007) apud OLEOLINE.

No entanto, pode-se ver na **Figura 12** que, em 2007, houve um forte aumento dos preços da glicerina no mercado europeu. Segundo a Brasil Ecodiesel (ECODIESEL, 2007), esse aumento de preços foi devido a um aumento na demanda por glicerina, decorrente de novos usos e aplicações desta substância em alguns setores industriais. Esse fator, aliado com a redução na oferta (devido principalmente à redução na produção do Biodiesel), resultou em uma forte

redução nos estoques e conseqüente aumento de preços da ordem de 67% em 2007 para a glicerina refinada.

## 4 Coleta de dados

Os principais dados necessários para este estudo são os preços históricos dos insumos, subprodutos e reagentes decorrentes da produção do Biodiesel a partir de cada uma das oleaginosas analisadas (soja, mamona e algodão). Os dados foram coletados de órgãos nacionais de pesquisa e, na ausência de alguns dados por parte destes, foram consultadas empresas do setor. Nos itens a seguir são apresentados os dados coletados e as respectivas fontes de consulta.

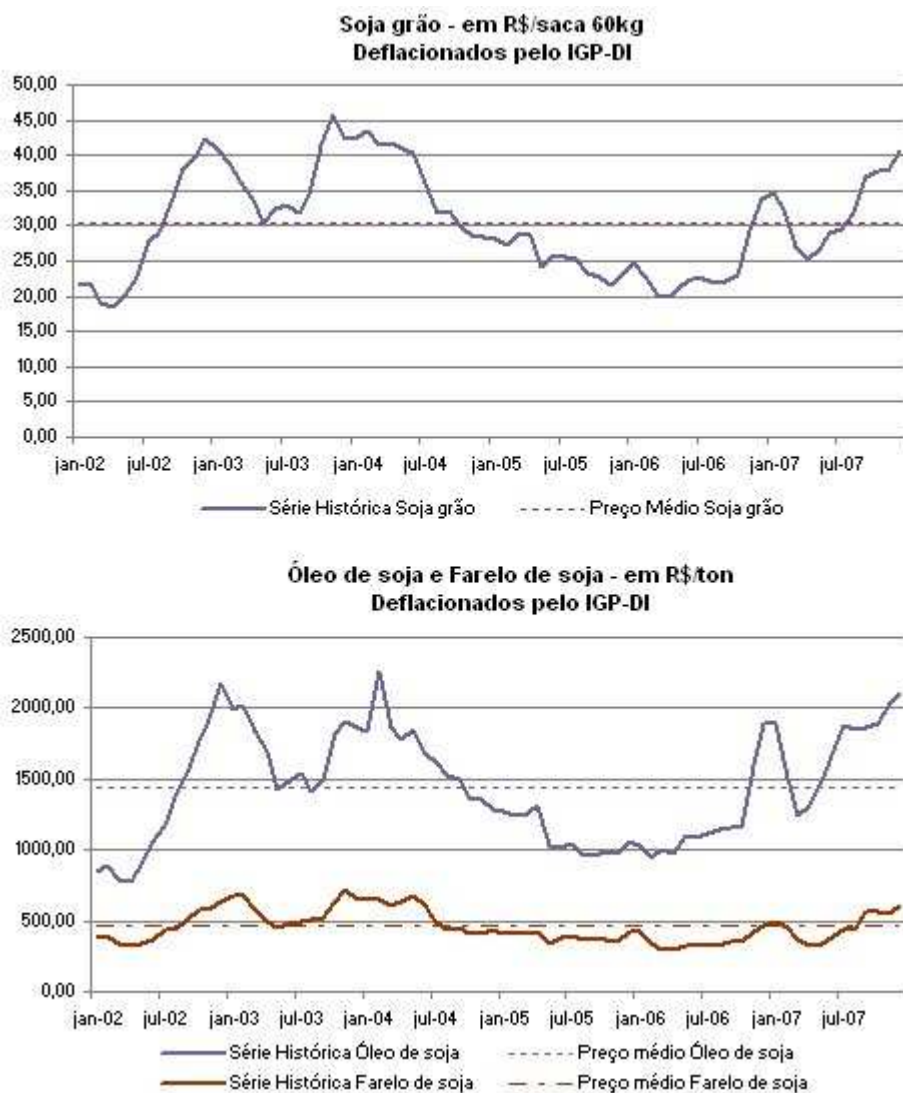
### 4.1. Soja

As séries históricas de preços da soja (grão) foram baseadas nas séries diárias de preços da Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária da Bahia (SEAGRI, 2007), disponíveis *on-line*, tomando como preços mensais a média aritmética dos preços praticados diariamente. Na falta de dados históricos deste órgão para preços de farelo de soja e óleo de soja na região da Bahia, estimaram-se os preços para esse subproduto, com base na correlação entre séries de preço de soja, farelo de soja e óleo de soja em São Paulo, conforme a série de preços mensais da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais para tais insumos, disponíveis *online* (ABIOVE, 2007).

Os preços são cotados em moeda local por saca de 60 kg (R\$/saca de 60 kg) para os grãos e em toneladas, para o farelo e para o óleo. As séries de preços são mensais, coletadas de Janeiro/02 a Dezembro/07 (resultando em 72 períodos) e foram deflacionadas pelo IGP-DI (FGV), também em base mensal. Essas séries são mostradas em conjunto na **Figura 13**.

As séries de preços completas são mostradas nos Apêndices deste trabalho.

Figura 13 - Séries mensais deflacionadas de preços de soja, farelo de soja, óleo de soja – Bahia.



Fonte: SEAGRI (2007) e ABIOVE (2007).

#### 4.2. Mamona

A série histórica da mamona em baga baseou-se na série diária de preços da SEAGRI (SEAGRI, 2007), disponível *online*, tomando como preços mensais a média aritmética dos preços praticados diariamente.

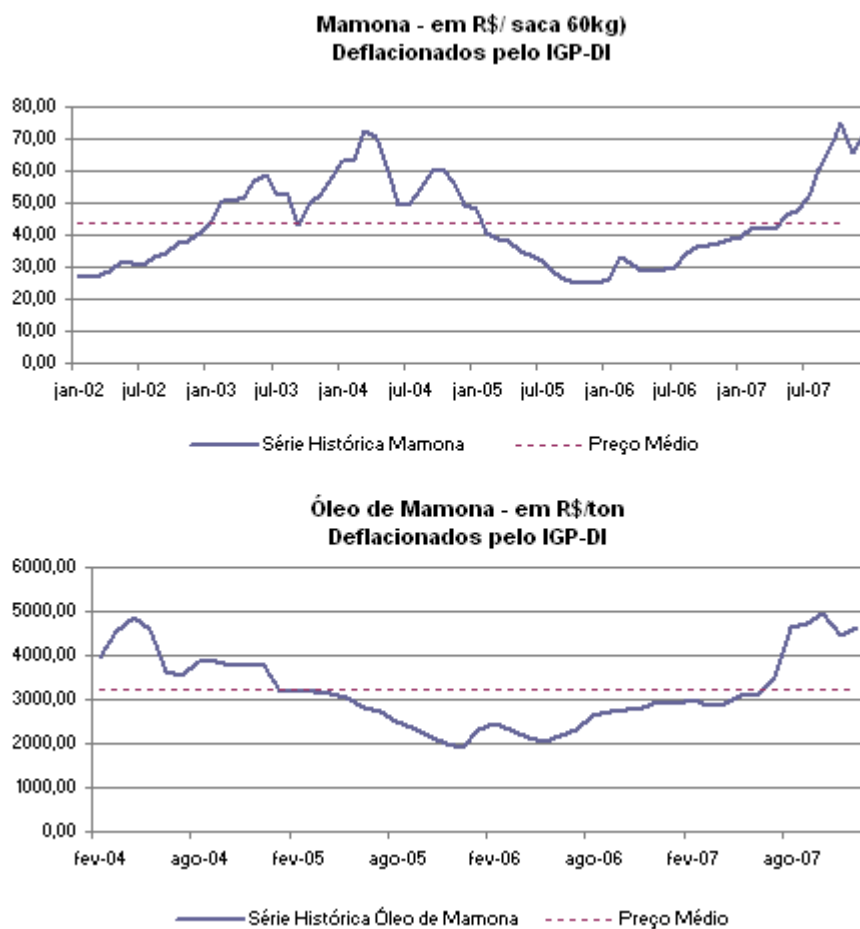
Para o óleo de mamona, foi utilizada uma série de preços fornecida pela Rede Baiana de Biocombustíveis (RBB, 2007), disponível *online*, baseada em dados fornecidos pela Aboissa Óleos Vegetais.

Como o mercado de torta de mamona ainda é incipiente e com pouca liquidez, não foi possível utilizar procedimento semelhante ao utilizado na estimação dos preços de farelo de soja (correlação com outros mercados). Assim, foi considerado o preço médio deste subproduto (R\$ 420/ton), referente ao mês de janeiro de 2008, fornecido por *e-mail* pela Aboissa Óleos Vegetais, como melhor estimativa para os preços futuros.

Os preços são cotados em moeda local por saca de 60kg (R\$/60kg) para a baga de mamona e em toneladas, para a torta e para o óleo. As séries de preços são mensais, coletadas de Janeiro/02 a Dezembro/07, para a baga de mamona, e de Janeiro/04 a Dezembro/07 para o óleo de mamona. Foi utilizado o IGP-DI (FGV) como deflator, também em base mensal. Essas séries são mostradas em conjunto na **Figura 14**.

As séries de preços completas são mostradas nos Apêndices deste trabalho.

Figura 14 - Séries mensais deflacionadas de preços de mamona (baga e óleo) – Bahia.



Fonte: SEAGRI (2007) e RBB (2007).

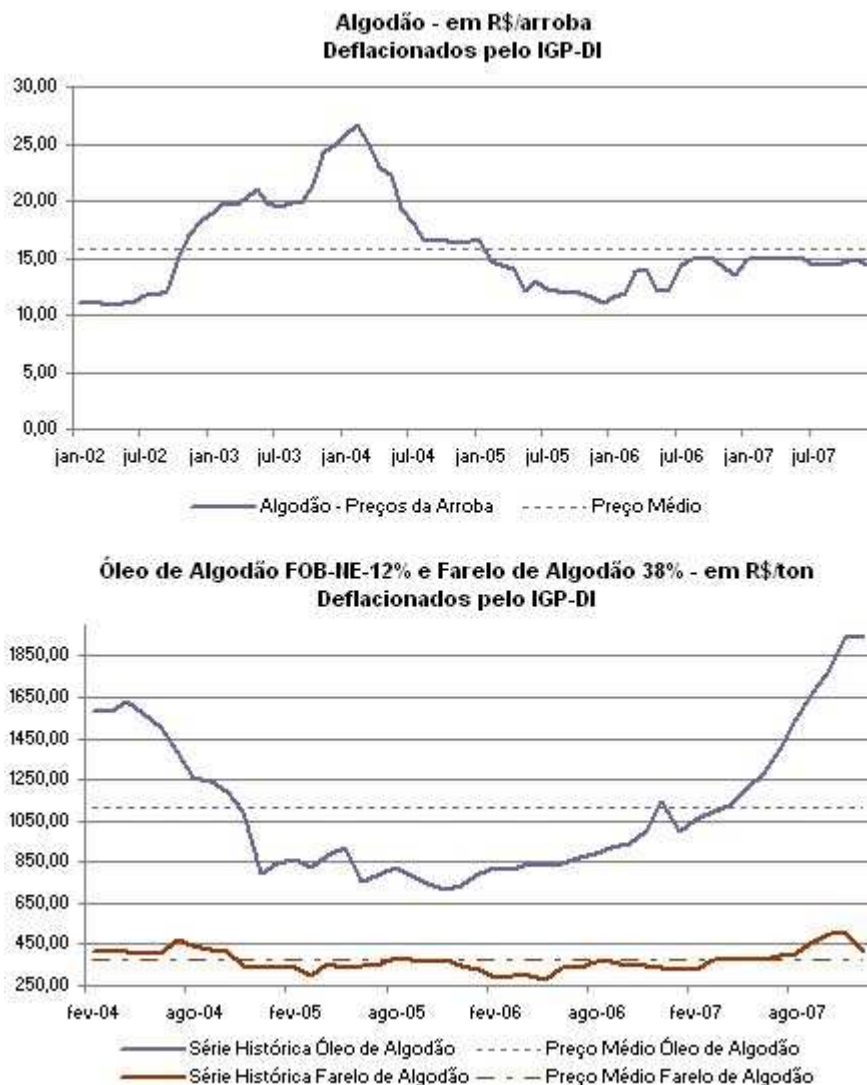
### 4.3. Algodão

A série histórica de preços do caroço de algodão foi gerada com base em série mensal de preços divulgada pelo CONAB (CONAB, 2008). Para o óleo de algodão e torta de algodão, foi utilizada uma série de preços fornecida por *e-mail* pela Aboissa Óleos Vegetais.

Os preços são cotados em moeda local por arroba (R\$/arroba) para a baga de mamona e em toneladas, para o farelo e para o óleo de algodão. As séries de preços são mensais, coletadas de Janeiro/02 a Dezembro/07, para o caroço de algodão, e de Janeiro/04 a Dezembro/07 para o óleo e farelo de algodão. Foi utilizado o IGP-DI (FGV) como deflator, também em base mensal. Essas séries são mostradas em conjunto na **Figura 15**.

As séries de preços completas são mostradas nos Apêndices deste trabalho.

Figura 15 - Séries mensais deflacionadas de preços de algodão (caroço, óleo e farelo) – Bahia.



Fonte: CONAB (2008).

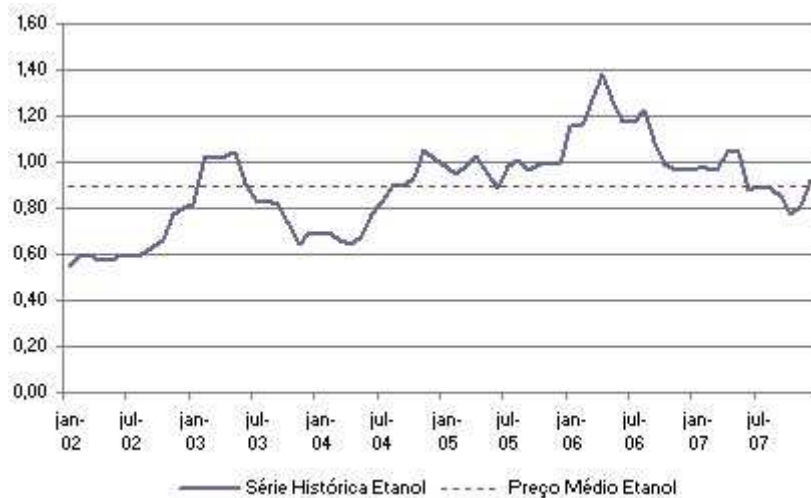
#### 4.4. Etanol

Tomou-se como série histórica de preços do etanol, a série divulgada pelo Centro de Estudos Avançados de Economia Aplicada (CEPEA, 2008), considerando a Praça Alagoas, mais próxima da Bahia.

Os preços são cotados em moeda local por litro (R\$/litro), mensalmente, coletados de Janeiro/02 a Dezembro/07. Foi utilizado o IGP-DI (FGV) como deflator, também em base mensal. Essa série é mostrada na **Figura 16**.

A série de preços completa é mostrada nos Apêndices deste trabalho.

Figura 16 - Série mensal de preços do etanol deflacionadas pelo IGP-DI – Alagoas -em R\$/litro.



Fonte: CEPEA (2008).

#### 4.5. Glicerina

Dada a tendência de queda do preço da glicerina, decorrente de um excesso previsto para a oferta da mesma devido ao processo produtivo do Biodiesel, sua influência nos Fluxos de Caixa foi desconsiderada.

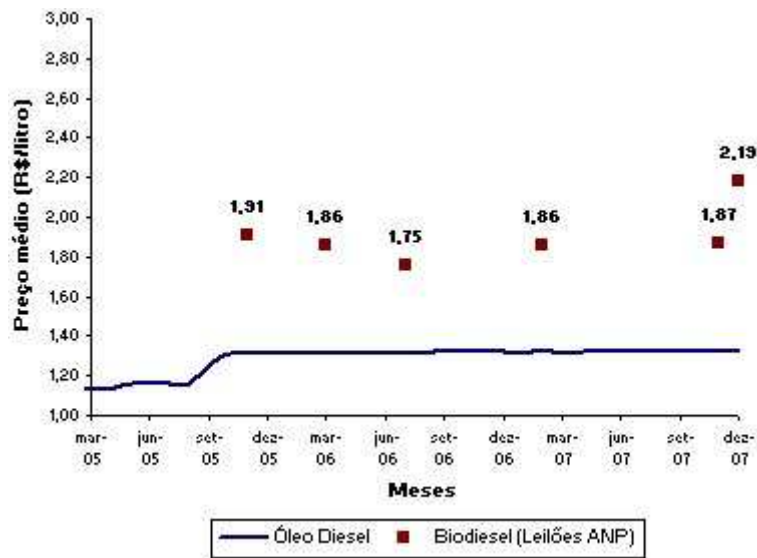
#### 4.6. Biodiesel

Como foi dito no sub-capítulo 3.4, as aquisições de Biodiesel ainda são realizadas por leilões públicos promovidos pela ANP (e mais recentemente pela Petrobras), não existindo ainda uma série de preços longa o suficiente para modelagem estocástica e que não sofra grandes intervenções regulatórias.

Uma possibilidade de estimativa dos parâmetros de modelagem adequados seria observar a série de preços de óleo diesel desde a ocorrência do primeiro leilão público. Desde novembro de 2005, no entanto, o preço do óleo diesel (preço médio dos produtores) manteve-se praticamente constante em torno de R\$1,30/litro. A **Figura 17** a seguir mostra os preços médios praticados por produtores de óleo diesel na Região Nordeste e os preços dos Leilões públicos do Biodiesel, de mar/05 a dez/07.



Figura 17 - Preços médios de Óleo Diesel (produtores) e Biodiesel (Leilões) - em R\$/litro.



Fonte: ANP (2008).

Diante disso, considerou-se o preço do último leilão de 2007 (promovido pela Petrobras), deflacionado pelo IGP-DI, como melhor estimativa para o preço futuro do Biodiesel. Assim, o preço considerado nas projeções deste estudo foi de R\$ 2,154/litro. Como a Petrobras é a principal compradora do Biodiesel, esse valor pareceu ser um bom estimador do preço.

## 5 Aplicação em uma usina fictícia de Biodiesel

### 5.1. Metodologia

Com base no entendimento do processo produtivo do Biodiesel, foram selecionadas três oleagionosas (soja, mamona e algodão) como possíveis insumos. Com isso, avaliou-se o ganho proveniente da flexibilidade que um produtor fictício de Biodiesel à base de soja tem ao escolher, numa base mensal, qual oleaginosa irá utilizar em seu processo de produção. Além dessa flexibilidade de escolha dos grãos, foi também inserida no modelo a possibilidade de venda a mercado do óleo extraído na prensagem, em vez de sua utilização na produção do Biodiesel via processo de transesterificação. Essa opção de venda do óleo extraído, por exemplo, pode ser exercida pelo produtor nos momentos em que o fluxo de caixa decorrente da venda do óleo for maior do que os fluxos decorrentes do Biodiesel e glicerina produzidos, dadas oscilações significativas dos preços de mercado dos óleos. A escolha do reagente (etanol ou metanol) ficou restrita ao etanol somente, dada a ausência de uma série de preços nacional para o metanol que proporcionasse uma sólida análise de preços históricos, tendências e volatilidade.

O ganho do produtor fictício foi medido em termos do fluxo de caixa resultante para cada 1000 litros de Biodiesel produzido, numa base mensal. Como a Bahia responde por quase 80% da produção nacional da mamona (conforme relatou-se no Capítulo 4) e também tem tradição agrícola na produção de soja, algodão e mamona, utilizou-se a localização da usina fictícia na região baiana como premissa principal deste estudo. Esse artifício contribui para minimizar o impacto de eventuais custos de transporte regionais para tais insumos.

Assumimos também que o preço de mercado do Biodiesel independe do insumo a partir do qual foi produzido. Dada a negociação recente do Biodiesel no mercado brasileiro, os preços considerados para o Biodiesel nos fluxos de caixa

foram estimados com base nos últimos leilões promovidos pelo Governo, aliados a premissas de crescimento do mercado e expectativas inflacionárias.

A modelagem também parte da premissa que o preço da glicerina atingirá patamares muito baixos, devido ao excesso de oferta da mesma decorrente da produção do Biodiesel. O fluxo de caixa positivo devido à glicerina foi, portanto, desprezado no cálculo da opção.

O preço da torta de mamona, subproduto do esmagamento daquele grão, será mantido constante ao longo de cada ano projetado, sendo atualizado de acordo com as previsões de inflação consideradas. Esse procedimento foi devido à não existência de um mercado interno suficiente para análise de preços históricos, tendências e volatilidade. Quanto ao prazo de exercício da opção, foi considerado que há flexibilidade suficiente na indústria e fornecimento disponível para que a opção possa ser exercida mensalmente.

Os Processos Estocásticos utilizados na modelagem dos preços das variáveis foram o MRM e o MGB. Essa escolha foi confirmada pela forte tendência dos preços reverterem para uma média de longo prazo, como será mostrado a seguir. De forma a possibilitar uma análise comparativa de processos estocásticos, modelou-se adicionalmente os preços pelo MGB.

Os subcapítulos a seguir detalham a Metodologia descrita.

## **5.2. Modelagem do processo produtivo do Biodiesel**

O Modelo de Fluxo de Caixa proposto por este trabalho leva em conta a quantidade necessária de cada grão (em toneladas) para produção de 1000 litros de Biodiesel. Esse valor depende, fundamentalmente, do teor de óleo e da eficiência de extração de óleo por grão. A mamona possui maior produtividade na obtenção do óleo vegetal, quando comparada à soja e ao algodão, porém e conseqüentemente, possui menor produtividade de farelo (torta) gerado como subproduto do processo de esmagamento, o que impacta o fluxo financeiro gerado pela negociação de tais subprodutos. A **Tabela 2** a seguir mostra as produtividades dos grãos soja e mamona, além de outras informações físicas relevantes.

Tabela 2 - Produtividade de grãos para obtenção de óleo.

Matéria Prima	Capacidade (Kg/ha)	Óleo no Grão	Eficiência (Extração)	Óleo Produzido			Farelo Produzido		
		%	%	% peso	(Kg/ha)	(L/ha)	% peso	(Kg/ha)	óleo % peso
Soja	76	18	66	12	9,0	9,8	86	65,4	7,11
Amendoim	30	35	83	29	8,7	9,5	69	20,7	8,62
Girassol	60	35	83	29	17,4	18,2	68	41,0	8,71
Mamona	40	40	75	30	12,0	13,1	68	27,2	14,70
Gergelim	60	60	75	45	27,0	29,4	53	31,8	28,30
Algodão	30	16	69	11	3,3	3,6	82	24,6	6,05
Babaçu	50	60	75	45	22,5	24,6	53	26,5	28,30
Cacau	50	40	85	34	17,0	18,5	64	32,0	9,37
Castanha	40	45	66	30	11,8	12,9	67	26,8	22,84
Cupuaçu	40	25	76	19	7,6	7,8	79	31,6	7,59

Fonte: TERRA VIVA (1999).  $1 \text{ hectare (ha)} = 10.000 \text{ m}^2$

Segundo SANTOS (2007) e DANTAS (2006), as densidades do Biodiesel etílico produzido através da soja, da mamona e do algodão, são, respectivamente, 0,922 kg/l, 0,961 kg/l e 0,876 kg/l. A densidade considerada para o etanol foi de 0,79 kg/l.

Com os dados de eficiência de extração de óleo, densidades do Biodiesel, densidade do etanol e conhecendo as reações químicas de produção do Biodiesel (**Figura 6**), foram montadas as seguintes reações químicas para a produção de 1000 litros de Biodiesel à base de soja, mamona e algodão, tendo o etanol como reagente:

#### Soja

$$123,40 \text{ sacas de } 60 \text{ kg} \rightarrow 6,52 \text{ ton farelo} + 0,88 \text{ ton óleo} \quad (19)$$

$$0,88 \text{ ton óleo} + 163,39 \text{ l etanol} \rightarrow 1000 \text{ l Biodiesel} + 86,67 \text{ kg glicerina} \quad (20)$$

#### Mamona

$$50,93 \text{ sacas de } 60 \text{ kg} \rightarrow 2,14 \text{ ton farelo} + 0,92 \text{ ton óleo} \quad (21)$$

$$0,92 \text{ ton óleo} + 170,30 \text{ l etanol} \rightarrow 1000 \text{ l Biodiesel} + 90,33 \text{ kg glicerina} \quad (22)$$

#### Algodão

$$504,65 \text{ arrobas} \rightarrow 6,73 \text{ ton farelo} + 0,84 \text{ ton óleo} \quad (23)$$

$$0,84 \text{ ton óleo} + 155,24 \text{ l etanol} \rightarrow 1000 \text{ l Biodiesel} + 82,34 \text{ kg glicerina} \quad (24)$$

O Biodiesel e a glicerina produzidos são muito semelhantes quimicamente, independente do grão utilizado, premissa confirmada por VALE & SILVA (2007), ao comparar as características físico-químicas do Biodiesel produzido a partir de diferentes oleaginosas. Partindo-se desse pressuposto e considerando-se as reações químicas de produção apresentadas, é possível montar os fluxos de caixa (em R\$) para a produção de 1000 litros de Biodiesel a partir de cada um dos dois insumos analisados.

Na produção e venda de 1000 litros de Biodiesel utilizando soja, mamona ou algodão como insumos, os fluxos de caixas resultantes da utilização de soja, mamona e algodão, separadamente, num mês  $t$ , comportam-se, respectivamente, de acordo com as Equações (25), (26) e (27) a seguir:

$$FC_{\text{Biodiesel}} = \text{Receitas}_{\text{Biodiesel}} - \text{Custos}_{\text{Biodiesel}}$$

$$FC_{B_s}(t) = [1000 \times P_B(t) + 6,52 \times P_{F_s}(t) + 0,087 \times P_g(t)] - [163,39 \times P_e(t) + 123,40 \times P_s(t)] \quad (25)$$

$$FC_{B_m}(t) = [1000 \times P_B(t) + 2,14 \times P_{F_m}(t) + 0,090 \times P_g(t)] - [170,30 \times P_e(t) + 50,93 \times P_m(t)] \quad (26)$$

$$FC_{B_a}(t) = [1000 \times P_B(t) + 6,73 \times P_{F_a}(t) + 0,082 \times P_g(t)] - [155,24 \times P_e(t) + 504,65 \times P_a(t)] \quad (27)$$

Onde:

$P_B(t)$  Preço do Biodiesel (R\$/litro), no mês  $t$ .

$P_{F_s}(t)$  Preço do farelo/torta de soja (R\$/ton), no mês  $t$ .

$P_{F_m}(t)$  Preço do farelo/torta de mamona (R\$/ton), no mês  $t$ .

$P_{F_a}(t)$  Preço do farelo/torta de algodão (R\$/ton), no mês  $t$ .

$P_g(t)$  Preço da glicerina (R\$/ton), no mês  $t$ .

$P_e(t)$  Preço do etanol (R\$/litro), no mês  $t$ .

$P_s(t)$  Preço do grão de soja (R\$/saca 60 kg), no mês  $t$ .

$P_m(t)$  Preço da baga de mamona (R\$/saca 60 kg), no mês  $t$ .

$P_a(t)$  Preço do caroço de algodão (R\$/arroba), no mês  $t$ .

O produtor tem alternativamente a opção de vender o óleo decorrente da prensagem da oleaginosa escolhida, em vez de utilizá-lo na produção do Biodiesel. Para cada uma das oleaginosas utilizadas, os fluxos de caixas resultantes da utilização de soja, mamona e algodão, separadamente, num mês  $t$ ,

para a produção e venda de óleo bruto, comportam-se, respectivamente, de acordo com as Equações (28), (29) e (30) a seguir:

$$FC_{\text{Óleo Bruto}} = \text{Receitas}_{\text{Óleo Bruto}} - \text{Custos}_{\text{Prensagem}}$$

$$FC_{O_s}(t) = [0,88 \times P_{O_s}(t) + 6,52 \times P_{F_s}(t)] - 123,40 \times P_s(t) \quad (28)$$

$$FC_{O_m}(t) = [0,92 \times P_{O_m}(t) + 2,14 \times P_{F_m}(t)] - 50,93 \times P_m(t) \quad (29)$$

$$FC_{O_a}(t) = [0,84 \times P_{O_a}(t) + 6,73 \times P_{F_a}(t)] - 504,65 \times P_a(t) \quad (30)$$

Onde:

$P_{O_s}(t)$  Preço do óleo de soja (R\$/ton) , no mês t.

$P_{O_m}(t)$  Preço do óleo de mamona (R\$/ton) , no mês t.

$P_{O_a}(t)$  Preço do óleo de algodão (R\$/ton) , no mês t.

$P_{F_s}(t)$  Preço do farelo/torta de soja (R\$/ton) , no mês t.

$P_{F_m}(t)$  Preço do farelo/torta de mamona (R\$/ton) , no mês t.

$P_{F_a}(t)$  Preço do farelo/torta de algodão (R\$/ton) , no mês t.

$P_s(t)$  Preço do grão de soja (R\$/saca 60 kg) , no mês t.

$P_m(t)$  Preço da baga de mamona (R\$/saca 60 kg) , no mês t.

$P_a(t)$  Preço do caroço de algodão (R\$/arroba) , no mês t.

### 5.3.

#### Processos estocásticos dos preços dos insumos do Biodiesel

A escolha do processo estocástico mais adequado para a modelagem do comportamento de uma variável é um desafio recorrente na literatura de Opções Reais. Com o objetivo de esclarecer essa questão, DIAS (2005) apresenta um teste para rejeição do MGB a favor do MRM. Esse teste baseia-se na regressão linear simples entre o retorno logaritmo (natural) dos preços da variável em relação ao nível corrente do logaritmo do preço da variável, na tentativa de encontrar indícios de que o retorno depende do nível de preços corrente. A Equação (31) representa a equação de regressão.

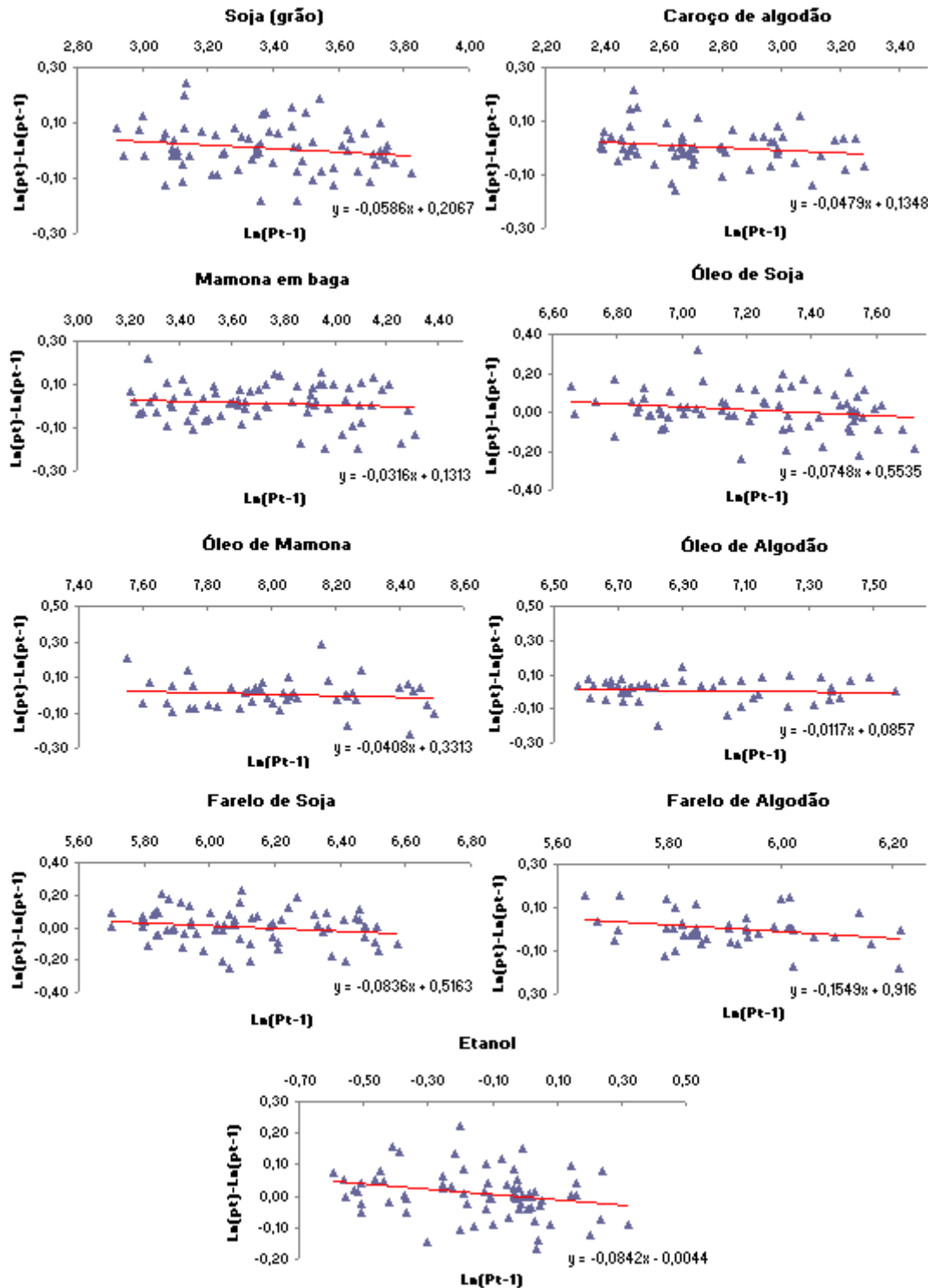
$$\text{Ln}(P_t) - \text{Ln}(P_{t-1}) = a + (b - 1)\text{Ln}(P_{t-1}) + \xi_t \quad (31)$$

Se os preços seguem um MGB, o retorno deve independe do nível de preços correntes e a inclinação da reta deve ser próxima de zero ( $b \approx 1$ ). Analogamente, para a hipótese alternativa de MRM, o retorno depende do nível

de preços correntes (preços altos tendem a cair e preços baixos a subir) e o parâmetro  $b$  deve indicar um valor negativo e significativamente diferente de 1.

Na **Figura 18** a seguir são mostradas as referidas regressões para as variáveis inerentes ao estudo, onde se notam retas com inclinações negativas e não nulas.

Figura 18 - Resultados das regressões lineares para rejeição do MGB a favor do MRM para as variáveis do estudo.



Nota-se na Figura 18 que as equações de regressão de algumas das variáveis analisadas apresentam inclinações próximas de zero. No entanto, não é possível afirmar, apenas com base nestes resultados, que os preços de cada variável seguem um MGB. Na tentativa de se buscar indícios de alguma tendência dos preços, um teste de hipóteses pode ser uma boa alternativa.

Sejam  $H_0$  e  $H_a$ , respectivamente, a hipótese nula e a hipótese alternativa do seguinte teste de hipóteses:

$$\begin{aligned} H_0 : (b - 1) &\approx 0 \text{ (preços seguem um MGB)} \\ H_a : (b - 1) &\neq 0 \end{aligned} \quad (32)$$

Onde:

(b-1) é o coeficiente angular da Equação de Regressão, conforme Equação (31).

A **Tabela 3** a seguir, apresenta, para cada uma das variáveis analisadas na Figura 18, os respectivos intervalos de confiança de 95%, com uso da distribuição *t* de *student*. Pode-se notar que só foi possível rejeitar a hipótese nula para o Etanol, a única variável onde o intervalo de confiança não contém o valor 0(zero).

Tabela 3 – Intervalos de confiança para o Teste de Hipóteses das variáveis do Estudo.

Variável	Intervalo de Confiança (95%)*	Decisão do Teste
Soja (grão)	(-0,14 ; 0,02)	Não rejeitar $H_0$
Caroço de Algodão	(-0,12 ; 0,38)	Não rejeitar $H_0$
Mamona em baga	(-0,11 ; 0,01)	Não rejeitar $H_0$
Óleo de Soja	(-0,16 ; 0,01)	Não rejeitar $H_0$
Óleo de Mamona	(-0,14 ; 0,06)	Não rejeitar $H_0$
Óleo de Algodão	(-0,10 ; 0,08)	Não rejeitar $H_0$
Farelo de Soja	(-0,18 ; 0,02)	Não rejeitar $H_0$
Farelo de Algodão	(-0,32 ; 0,01)	Não rejeitar $H_0$
Etanol	(-0,16 ; -0,01)	Rejeitar $H_0$

(\*) Dado por  $(b-1) - t \times S \leq B \leq (b-1) + t \times S$ , sendo  $S$  o erro padrão do coef. angular e  $t$  o valor crítico da distribuição *t*.

Apesar de não ter sido possível rejeitar o MGB para a maioria das variáveis deste Estudo com a utilização deste teste, a literatura de Opções Reais mostra que isso não é uma tarefa fácil. DIAS (2005) cita que testes econométricos não puderam rejeitar a hipótese do MGB quando 30 anos de dados foram usados e



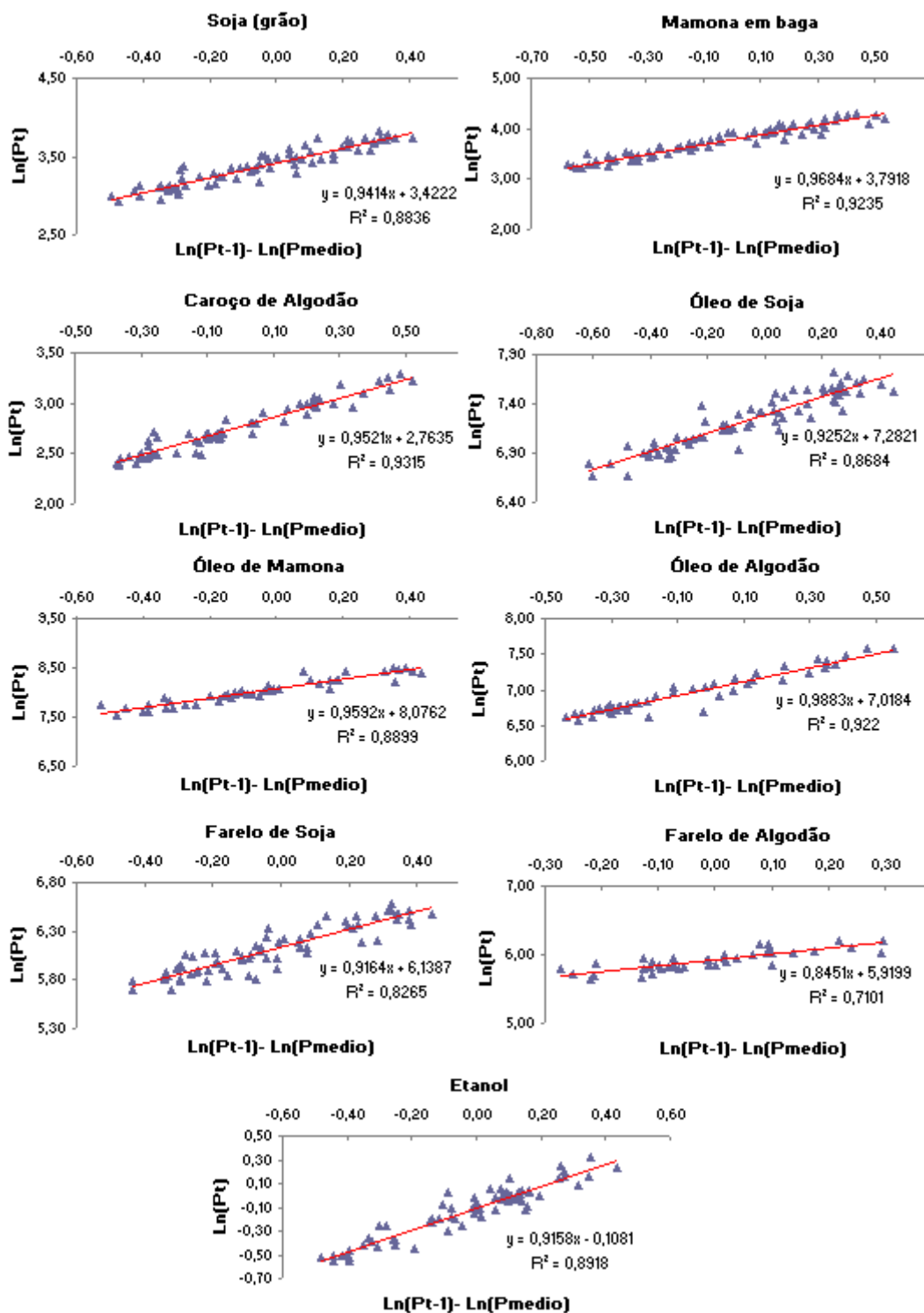
somente nos testes em que foram usados 117 anos de dados é que o MGB foi rejeitado em favor do MRM, para uma série de preços do petróleo.

Mesmo não rejeitando o MGB, é possível observar uma tendência de reversão dos preços das variáveis analisadas para um valor médio de longo prazo. Pode-se utilizar uma relação entre o logaritmo natural dos preços da variável e a diferença entre o logaritmo natural do preço num instante anterior e o logaritmo natural do preço médio da série avaliada, conforme a Equação (33):

$$\ln(P_t) = a + b [\ln(P_{t-1}) - \ln(\bar{P})] \quad (33)$$

A **Figura 19**, a seguir, mostra os resultados dessas regressões para as variáveis do estudo.

Figura 19 - Regressões lineares indicando tendência de reversão à média.



Nesse caso, obtiveram-se fortes indícios de reversão das séries de dados para seus respectivos preços médios, em vista dos altos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) encontrados.

### 5.3.1. Processos neutros ao risco

Na avaliação de derivativos, Opções e Opções Reais é comum utilizarmos a versão neutra ao risco de um processo estocástico. Esse procedimento nos permite utilizar a taxa de juros livre de risco como taxa de desconto, eliminando da análise a dificuldade de se encontrar uma taxa de desconto ajustada ao risco para cada ativo que se deseja analisar.

Utilizando a mesma nomenclatura definida no Capítulo 2, sendo  $\mu$  a taxa de desconto ajustada ao risco,  $\pi$  o prêmio de risco e  $r$  a taxa de juros livre de risco, no processo ajustado ao risco utiliza-se  $\mu = r + \pi$ .

Assim, num processo neutro ao risco, basta subtraímos o prêmio de risco da taxa de desconto ajustada ao risco:  $r = \mu - \pi$ . Dessa forma, no caso de nosso estudo aplicado ao Biodiesel, é preciso calcular o prêmio de risco para cada um dos insumos/subprodutos inerentes ao processo.

Os prêmios de risco são computados pelo modelo CAPM, ou seja, é dado por  $\beta_{i,m} \times (R_M - r)$ , conforme mostrado na Equação(4). O Beta de cada insumo/subproduto é dado pela covariância dos retornos de sua série de preços (não deflacionada) com o retorno do Ibovespa. O  $R_m$  utilizado foi a média mensal dos últimos 10(dez) anos do Ibovespa (nov/97 a dez/07, no valor de 1,58% a.m). Utilizou-se como taxa livre de risco a TJLP de Out/07 a Dez/07 (no valor de 6,25% a.a ou 0,51% a.m)

Na **Tabela 3**, a seguir, são apresentados os prêmios de risco mensais para cada um dos subprodutos/insumos analisados. Para alguns dos subprodutos analisados encontrou-se prêmios de risco levemente negativos, reflexo dos betas também levemente negativos encontrados para tais subprodutos, dados os intervalos históricos mencionados no cálculo dos mesmos.

Tabela 3 - Prêmios de risco mensais para as variáveis do estudo.

	Soja			Mamona		Algodão			Etanol
	Grão R\$/saca	Óleo R\$/ton	Farelo R\$/ton	Grão R\$/saca	Óleo R\$/ton	Grão R\$/saca	Óleo R\$/ton	Farelo R\$/arroba	R\$/litro
$\pi = \mu - r$	-0,05%	-0,09%	-0,07%	-0,05%	0,09%	0,10%	0,01%	-0,04%	-0,01%

### 5.3.2. Modelagem de incertezas utilizando o MGB

Na modelagem de preços seguindo um Movimento Geométrico Browniano, foram utilizadas as equações apresentadas no sub-capítulo 2.6.2.

Para um MGB, utilizando-se um processo neutro ao risco, o preço de um insumo ou subproduto  $i$  do Biodiesel, num mês  $t$ , obedece a Equação (34) a seguir:

$$\begin{aligned} P(t) &= P(t - \Delta t) \exp[\alpha - (\mu - r) - 0,5\sigma^2 + \sigma N(0,1)], t \geq 1 \\ P(0) &= \text{Preço inicial} \end{aligned} \quad (34)$$

Onde:

$\alpha$  é o parâmetro de drift (ou taxa de ganho de capital) do insumo.

$(\mu - r)$  é o prêmio de risco.

$\sigma$  é a volatilidade do preço do insumo.

Os parâmetros da equação podem ser estimados das próprias séries de preços de cada um dos insumos.

Segundo WINSTON (1998, p. 328), para a modelagem de um MGB com dados históricos, o parâmetro de *drift* ( $\alpha$ ) pode ser encontrado através da seguinte Equação:

$$\alpha = N \frac{\overline{\ln(P_t / P_{t-\Delta t})} + \frac{0,5\sigma^2}{N}}{N} \quad (35)$$

Onde  $N$  é um fator de correção para obtenção de dados anuais (por exemplo, se quisermos o parâmetro anual, tendo dados mensais, faz-se  $N=12$ ).

Como os Fluxos de Caixa analisados são mensais e os dados também são mensais, utiliza-se  $N=1$  para o cálculo dos *drifts* das variáveis analisadas, com volatilidades históricas calculadas através da Equação (36) aplicada às séries históricas de preços das variáveis em questão.

As volatilidades dos insumos, quando modeladas segundo um MGB, foram calculadas segundo o critério de volatilidade histórica. Como HULL (2003) mostra, a volatilidade de uma série histórica de dados pode ser calculada através da Equação (36):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n u_t^2 - \frac{1}{n(n-1)} \left( \sum_{t=1}^n u_t \right)^2} \quad (36)$$

$$\text{com, } u_t = \ln \left( \frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$$

Onde:

$n + 1$  número de observações.

$P_i$  preço da ação no  $i$ -ésimo intervalo ( $i = 1, 2, \dots, n$ ).

Os preços iniciais ( $P_0$ ) foram retirados das séries históricas de preços das variáveis, conforme explicitado no Capítulo 4.

De posse dos dados históricos de preços, foi possível calcular as volatilidades de cada um dos insumos (soja em grão, baga de mamona e caroço de algodão), de seus subprodutos (farelo de soja e farelo de algodão), dos óleos (soja, mamona e algodão) e do etanol, os respectivos *drifts* e preços iniciais. Essas informações são mostradas na **Tabela 4** a seguir.

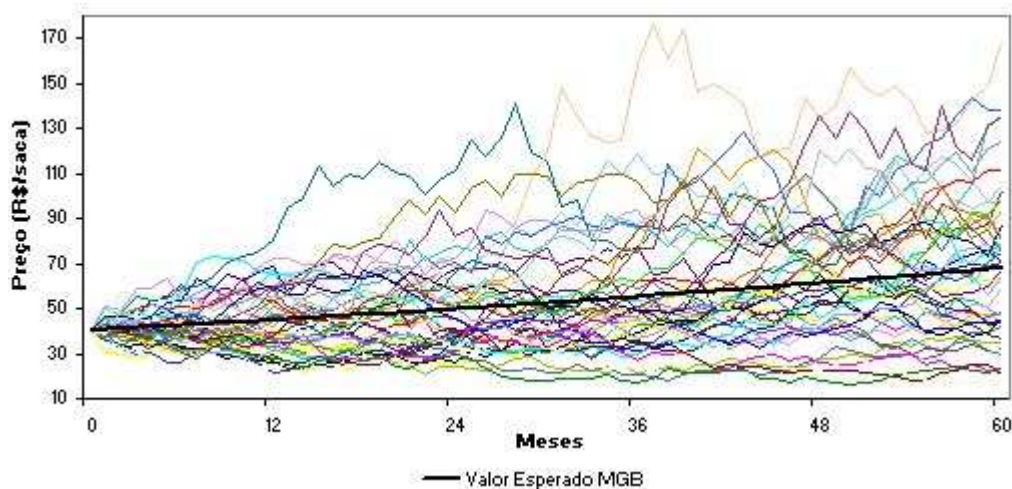
Tabela 4 - Parâmetros do MGB para as variáveis do estudo.

	Soja			Mamona		Algodão			Etanol
	Grão R\$/saca	Óleo R\$/ton	Farelo R\$/ton	Grão R\$/saca	Óleo R\$/ton	Grão R\$/saca	Óleo R\$/ton	Farelo R\$/arroba	R\$/litro
$\sigma^{(*)}$	8,47%	10,27%	10,15%	8,58%	8,86%	6,35%	8,14%	7,59%	7,40%
$\alpha$	0,0122	0,0182	0,0116	0,0171	0,0073	0,0059	0,0079	0,0033	0,0099
$P_0$	40,57	2102,87	603,70	70,84	4631,69	14,46	1951,22	418,82	0,9196

(\*) Volatilidades Mensais

A **Figura 20**, a seguir, mostra algumas iterações da evolução estocástica desses preços para o caso da soja (grão) durante o período de análise. Nesta figura é possível ver o comportamento determinístico dos preços (valor esperado) e o comportamento estocástico dos preços.

Figura 20 - Preços da soja (grão) simulados pelo MGB para o período de 60 meses.



### 5.3.3. Modelagem das incertezas utilizando o MRM

Como vimos no subcapítulo 2.6.3, a forma mais simples do processo de reversão à média é o Modelo Aritmético de Ornstein-Uhlenbeck, definido pela Equação (37) a seguir:

$$dx(t) = \eta(\bar{x} - x)dt + \sigma dz(t) \quad (37)$$

Onde:

$x_t$  é o logaritmo do preço  $P_t$ :  $x_t = \ln[P(t)]$

$\eta$  é a velocidade de reversão à média.

$\sigma$  é a volatilidade da variável.

$dz_t$  é um processo de Wiener, com distribuição normal

Para um MRM seguindo a Equação **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, utilizando-se um processo neutro ao risco, o preço de um insumo ou subproduto  $i$  do Biodiesel, que apresenta um comportamento de reversão a um valor médio  $\bar{P}_i$ , num mês  $t$ , obedece a Equação (38) a seguir:

$$P_t = \exp\left( \ln(P_{t-\Delta t})e^{-\eta\Delta t} + \left[\ln\bar{P} - \left(\frac{\mu-r}{\eta}\right)(1-e^{-\eta\Delta t}) - (1-e^{-2\eta\Delta t})\frac{\sigma^2}{4\eta} + \sigma\sqrt{\frac{1-e^{-2\eta\Delta t}}{2\eta}}\varepsilon \right] \right) \quad (38)$$

Onde:

$\eta$  é a velocidade de reversão à média do insumo/subproduto.

$\sigma$  é a volatilidade dos preços do insumo/subproduto.

$\bar{P}$  é o preço médio de longo prazo para qual os preços tendem a reverter.

$(\mu - r)/\eta$  é o prêmio de risco normalizado do insumo/subproduto.

$\varepsilon \sim N(0,1)$ .

Para o cálculo dos parâmetros do MRM, BASTIAN PINTO, BRANDÃO & ALVES (2008), utilizam uma relação entre o logaritmo natural da relação dos preços da variável num instante t e num instante anterior e o logaritmo natural do preço num instante anterior, conforme a Equação (39).

$$\ln(P_t/P_{t-1}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(P_{t-1}) + \varepsilon \quad (39)$$

Essa regressão é a mesma proposta por DIAS (2005) para o teste de rejeição do MGB a favor do MRM, conforme mostrado no sub-capítulo 5.3, com resultados ilustrados na **Figura 18**.

Utilizando a regressão citada, o coeficiente de velocidade de reversão à média pode ser encontrado a partir da seguinte relação:

$$\eta = -\ln(\beta_1 + 1)/\Delta t \quad (40)$$

BASTIAN PINTO, BRANDÃO & ALVES (2008) também demonstram que a volatilidade e o preço médio de longo prazo podem ser calculados a partir dos parâmetros  $\beta_0$  e  $\beta_1$  da regressão, através das seguintes equações:

$$\sigma = \sigma_\varepsilon \sqrt{\frac{2 \log(\beta_1 + 1)}{[(\beta_1 + 1)^2 - 1] \Delta t}} \quad (41)$$

$$\bar{P} = \exp \left[ -\frac{\beta_0}{\beta_1} + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - (\beta_1 + 1)^2} \right] \quad (42)$$

Onde  $\sigma_\varepsilon$  é o erro padrão da regressão.

A **Tabela 5** a seguir mostra os resultados encontrados para os parâmetros do MRM para cada uma das variáveis analisadas. Os preços iniciais ( $P_0$ ) foram retirados das séries históricas de preços das variáveis, conforme explicitado no Capítulo 6. Os coeficientes de velocidade de reversão à média, as volatilidades e os preços médio de longo prazo foram calculados pelas Equações (40), (41) e (42)

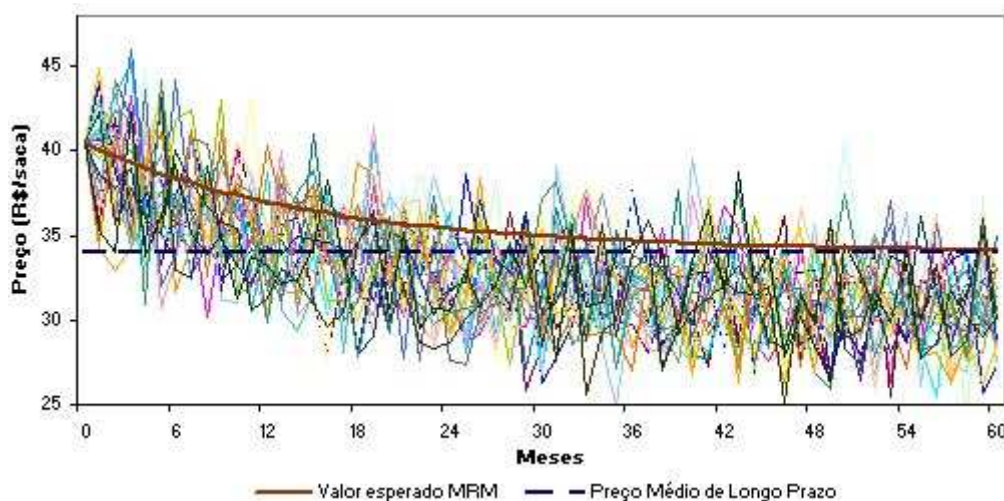
Tabela 5 - Parâmetros do MRM para as variáveis do estudo.

	Soja			Mamona		Algodão			Etanol
	Grão R\$/saca	Óleo R\$/ton	Farelo R\$/ton	Grão R\$/saca	Óleo R\$/ton	Grão R\$/saca	Óleo R\$/ton	Farelo R\$/arroba	R\$/litro
$\sigma^{(*)}$	8,66%	10,52%	10,47%	8,73%	9,08%	6,45%	8,28%	8,01%	8,80%
$\bar{P}$	34,04	1636,25	481,22	63,76	3361,93	16,68	1517,51	370,20	1,05
$\eta$	0,0604	0,0777	0,1906	0,0321	0,0416	0,0491	0,0118	0,1683	0,0880
$P_0$	40,57	2102,87	603,70	70,84	4631,69	14,46	1951,22	418,82	0,9196

(\*) Volatilidades Mensais

A **Figura 21**, a seguir, mostra algumas iterações da evolução estocástica desses preços para o caso da soja (grão) durante o período de análise. Nesta figura é possível ver o comportamento determinístico dos preços (valor esperado) e o comportamento estocástico dos preços em torno da média de longo prazo.

Figura 21 - Preços da soja (grão) simulados pelo MRM para o período de 60 meses.



#### 5.4. Fluxos de Caixa do Projeto Básico

O Projeto Básico (sem opções) considera os fluxos de caixa mensais decorrentes da produção exclusiva de Biodiesel de Soja em uma usina hipotética localizada na Região Baiana.

O cálculo do valor do projeto sem opções é realizado através do emprego de técnicas tradicionais de avaliação, projetando-se o fluxo de caixa livre ao longo da



vida do projeto. Estes fluxos de caixa, em vez de serem descontados a valor presente considerando-se uma taxa que remunere o risco do projeto, foram descontados à taxa livre de risco, com subtração do prêmio de risco na projeção estocástica de preços (como observa-se nas Equações (13) e (18)). Esse procedimento, conforme explicitado no subcapítulo 5.3.1, torna a análise mais simples, pois pode-se eliminar a dificuldade de se encontrar a taxa ajustada ao risco para cada uma das variáveis.

O valor presente destes fluxos de caixa, subtraídos do investimento necessário para iniciar o projeto, nos dá o valor do projeto. A Equação (43) sintetiza esse procedimento, para um projeto de  $n$  períodos mensais ( $n$  fluxos de caixa), com risco remunerado pela taxa livre de risco  $r$ :

$$VPL_{Bs} = \sum_{t=1}^n \frac{FC_{Bs}(t)}{(1+r)^t} - I_0$$

com: (43)

$$FC_{Bs}(t) = [1000 \times P_B(t) + 6,52 \times P_{Fs}(t) + 0,087 \times P_g(t)] - [163,39 \times P_e(t) + 123,40 \times P_s(t)]$$

Onde:

$r$ : taxa mensal de juros livre de risco.

$n$ : número de períodos (meses) do projeto.

$FC_{Bs}(t)$  Fluxo de caixa esperado para o Biodiesel de soja no  $t$ -ésimo mês.

$I_0$ : investimento necessário para início do projeto.

$P_{Bs}(t)$  Preço do Biodiesel de Soja (R\$/litro), no mês  $t$ .

$P_g(t)$  Preço da glicerina (R\$/ton) , no mês  $t$ .

$P_e(t)$  Preço do etanol (R\$/litro) , no mês  $t$ .

$P_s(t)$  Preço do grão de soja (R\$/saca 60 kg) , no mês  $t$ .

Considerou-se, por simplificação, que a Usina fictícia já produziu Biodiesel de Soja suficiente para amortização de seu custo inicial de implantação. Dessa forma considerou-se nulo o investimento necessário para início do projeto ( $I_0=0$ ). Essa premissa não afeta o resultado deste trabalho, já que o objetivo aqui é analisar o ganho decorrente da flexibilidade produtiva e não a viabilidade da implantação de uma Usina de Biodiesel.

## 5.5. Fluxos de Caixa do Projeto com Opções

Segundo HULL (2003), o lucro de uma opção europeia de compra de um ativo financeiro é dado por:

$$\max(S_t - K, 0) - c \quad (44)$$

Onde:

$S_t$ : preço do ativo na data de exercício.

$K$ : preço de exercício.

$c$ : preço da opção de compra

Para o processo produtivo do Biodiesel, partindo-se do pressuposto que a usina fictícia deste Estudo participa completamente do processo (ou seja, por si só as etapas de esmagamento do grão e transesterificação), o produtor do Biodiesel, além de garantir a qualidade do óleo bruto, consegue capturar a flexibilidade advinda da escolha de oleaginosas. O produtor pode, então, escolher num determinado mês qual grão utilizará (soja, mamona ou algodão) e tal decisão é independente da decisão tomada no mês anterior.

É possível, então, definir o lucro de um produtor que considera as flexibilidades do processo, de forma análoga à Equação (44). No processo de escolha entre as oleaginosas, um produtor de Biodiesel de Soja tem a opção de pagar um prêmio (que nesse caso é o custo de conversão do processo produtivo) para ter a possibilidade de utilizar como insumos outras oleaginosas (algodão e mamona, por exemplo). Dessa forma, o lucro do produtor de Biodiesel de Soja que tem a flexibilidade de utilizar mamona e algodão como insumos alternativos pode ser definido conforme a Equação (45) a seguir.

$$L_1 = \max \left[ (FC_{Bm} - C_{s \rightarrow m}), (FC_{Ba} - C_{s \rightarrow a}), FC_{Bs} \right] \quad (45)$$

Onde:

$FC_{Bs}$ : Fluxo de caixa para o Biodiesel de Soja.

$FC_{Bm}$ : Fluxo de caixa para o Biodiesel de Mamona.

$FC_{Ba}$ : Fluxo de caixa para o Biodiesel de Algodão.

$C_{s \rightarrow m}$  Custo de conversão do processo produtivo para uso de mamona.

$C_{s \rightarrow a}$  Custo de conversão do processo produtivo para uso de algodão.

BARROS et al. (2003), considera que os custos de processamento do Biodiesel, baseado em diversas culturas (soja, algodão, mamona, entre outras), dependem principalmente da escala da Planta Produtora. Com base nisso pode-se considerar que os custos de conversão do processo para uso de outras oleaginosas são praticamente nulos.

Além da opção de variabilidade dos *inputs*, para uma oleaginosa específica, o produtor de Biodiesel tem ainda a opção de continuar a produção de Biodiesel (via transesterificação) ou vender o óleo bruto extraído na prensagem dos grãos. Nessa escolha, o lucro do produtor pode ser definido conforme a Equação XX a seguir.

$$L_2 = \max(FC_{Oleo}, FC_{Biod}) \quad (46)$$

Onde:

$FC_{Oleo}$ : Fluxo de venda do óleo bruto, dada a prensagem de oleaginosa específica

$FC_{Biod}$ : Fluxo de caixa para o Biodiesel derivado de uma oleaginosa específica.

A flexibilidade de *inputs* foi modelada como uma seqüência de opções européias do uso das oleaginosas, tomando-se o maior Fluxo de Caixa gerado a cada período, sendo o Fluxo dado pelas Equações (25), (26) e (27). Com isso, foram realizadas Simulações de Monte Carlo dos processos estocásticos dos preços das variáveis de interesse (cada um dos grãos, óleos brutos, farelos e do etanol), escolhendo-se a opção que maximizava esses Fluxos em cada período mensal.

Além da opção nos *inputs* (soja, algodão ou mamona), existe a opção de venda do óleo bruto após a prensagem dos grãos, em vez de sua posterior utilização na produção do Biodiesel (via transesterificação). Essa opção de venda dos óleos brutos também foi considerada e seus Fluxos de Caixa potenciais foram calculados estocasticamente através das Equações (28), (29) e (30), sendo também comparados com os Fluxos das demais opções existentes.

Dessa forma, considerando as Equações (45) e (46), o valor presente dos Fluxos de Caixa para o Projeto com as opções de conversão (escolha de soja, mamona ou algodão como *inputs*) e opção de venda do óleo bruto após prensagem dos grãos, utilizando um processo neutro ao risco, é dado pela seguinte Equação:

$$VPL_{Opcoes} = \sum_{t=1}^n \frac{FC(t)}{(1+r)^t} - C_0$$

$$FC(t) = \max[FC_{Bs}(t); FC_{Bm}(t); FC_{Ba}(t); FC_{Os}(t); FC_{Om}(t); FC_{Oa}(t)] \quad (47)$$

Onde:

$r$ : taxa mensal de juros livre de risco.

$n$ : número de períodos (meses) do projeto.

$I_0$ : custo de conversão do processo produtivo (considerado nulo).

$FC_{Bs}(t)$  Fluxo de caixa previsto de Biodiesel de soja no t-ésimo mês.

$FC_{Bm}(t)$  Fluxo de caixa previsto de Biodiesel de mamona no t-ésimo mês.

$FC_{Ba}(t)$  Fluxo de caixa previsto de Biodiesel de algodão no t-ésimo mês.

$FC_{Os}(t)$  Fluxo de caixa previsto de Óleo de soja no t-ésimo mês.

$FC_{Om}(t)$  Fluxo de caixa previsto de Óleo de mamona no t-ésimo mês.

$FC_{Oa}(t)$  Fluxo de caixa previsto de Óleo de algodão no t-ésimo mês.

## 5.6. Resultados

Para a simulação dos Projetos (Básico e Com Opções) foi utilizado o Método de Simulação de Monte Carlo, automatizado pelo software @RISK, da Palisade Corporation, simulando um total de 10.000 iterações, em conjunto com uma planilha eletrônica contendo todas as informações referentes a fluxos de caixa e preços modelados por Reversão à Média e pelo Movimento Geométrico Browniano. Apesar de tudo o que foi dito em relação a possíveis limitações do MGB quando destinado a modelar preços de *commodities*, optou-se por incluí-lo comparativamente nesta análise.

O Método de Simulação de Monte Carlo é uma importante ferramenta que, aliada à simulação computacional, torna-se uma alternativa poderosa para a obtenção de respostas a um problema complexo ou que não permita uma solução analítica. Esse Método consiste em estimar a distribuição de uma variável de *output* dependente de diversas variáveis probabilísticas de *input*

No Processo Produtivo do Biodiesel tem-se como variáveis de *input* os preços das oleaginosas (custos variáveis), dos subprodutos e do produto final (farelos, óleos brutos e Biodiesel, considerados receitas de vendas). A rigor consideram-se também *inputs* de depreciação e amortização (estes dois últimos

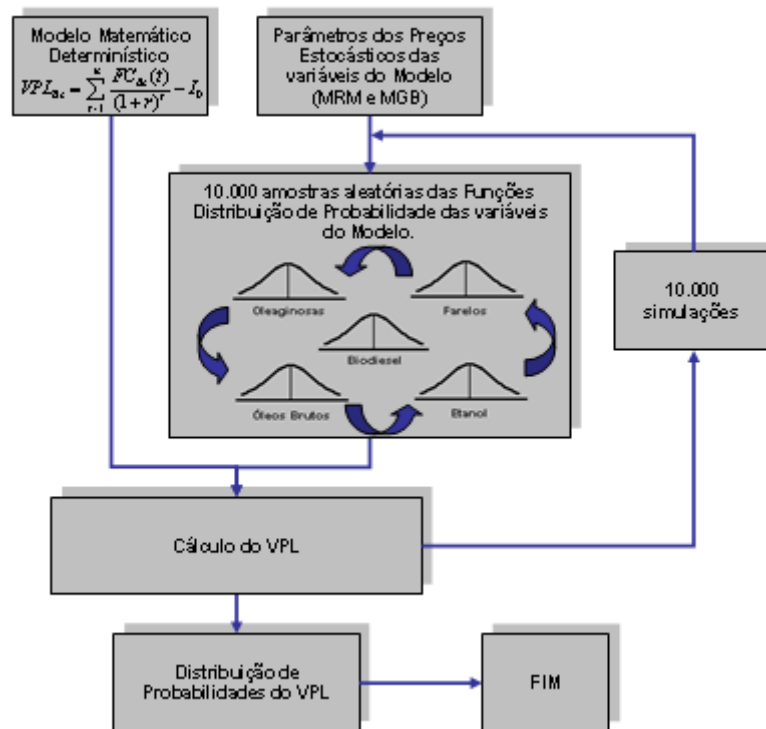
não considerados neste Estudo). A variável de *output* é o Valor Presente Líquido (VPL) do Projeto.

Para a simulação dos fluxos de caixa dos projetos, utilizando-se a simulação de Monte Carlo, foram seguidos os seguintes procedimentos:

- a) Construção de um modelo básico das variações dos fluxos de caixa futuros, conforme as Equações (43) e (47).
- b) Projeção de várias simulações, com geração de valores aleatórios para as variáveis de *input* (preços de oleaginosas, preços dos farelos, preços dos óleos, preço do etanol e preço do Biodiesel) e parâmetros dos processos estocásticos dos preços das variáveis.
- c) Estabelece-se para cada variável uma distribuição de probabilidades acumuladas.
- d) Geração de valores aleatórios para cada variável de acordo com suas probabilidades de ocorrência.
- e) Repetição desta operação diversas vezes (aqui se estipulou 10.000 iterações), até se obter uma distribuição de probabilidades da variável *output* (VPL) do Projeto.

A **Figura 22** a seguir sintetiza a Simulação de Monte Carlo para o Projeto fictício de Biodiesel, objeto deste Estudo.

Figura 22 – Fluxograma da Simulação de Monte Carlo para o Projeto Fictício de Biodiesel



Nos subcapítulos a seguir são detalhadas as premissas e discutidos os resultados encontrados para cada um dos Casos Base analisados, ou seja, com simulação de preços seguindo um MRM e um MGB.

### 5.6.1. Projetos Básicos

As premissas básicas utilizadas para encontrar o VPL dos Projetos Básicos (utilizando o MRM e o MGB como simuladores de preços) da usina fictícia de Biodiesel de soja foram:

- Fluxos de caixa mensais, referentes à produção de 1000 litros de Biodiesel, comportando-se de acordo com a Equação (43);
- Preços dos grãos, dos farelos e do etanol reverterem a um valor médio (para a análise pelo MRM) e se difundem geometricamente (para a análise pelo MGB), segundo as Equações (38) e (34), e com os parâmetros mostrados nas **Tabelas 4 e 5**;

- Para a torta de mamona, foi considerado o preço R\$ 420/ton para todo o Projeto, dadas as limitações apresentadas no sub-capítulo 5.2.
- Projeto com 60 (sessenta) períodos mensais;
- O custo de investimento inicial no Projeto é nulo, ou seja, foi considerada uma usina já existente, em plena produção e que já tenha amortizado seu custo de implantação;
- Os custos de esmagamento dos grãos e os custos do processo de transesterificação não foram considerados na análise. A não inserção destes custos não invalida o estudo, já que os custos de conversão do processo produtivo dependem principalmente da escala da Planta Produtora, premissa confirmada pelo Estudo de BARROS et al. (2003).
- A receita decorrente da venda da glicerina produzida foi desconsiderada, dada a perspectiva de queda brusca nos preços praticados devido ao excesso de glicerina “injetada” no mercado.
- Preço Corrente Biodiesel - R\$ 2,154 (de acordo com o preço do último Leilão praticado em 2007, deflacionado pelo IGP-DI de dez/07, conforme **Tabela 1**).
- Taxa de desconto livre de risco (utilizada como taxa de desconto dos fluxos de caixa, conforme processo neutro ao risco) é a TJLP de Out/07 a Dez/07 - 6,25% a.a ou 0,51% a.m.

#### **5.6.1.1. Caso Base MRM**

A **Tabela 6** mostra alguns resultados do Projeto Básico (sem opções) para os Fluxos de Caixa dos primeiros seis meses, considerando os preços revertendo a um valor médio (MRM).

Tabela 6 - Fluxos de Caixa dos 6 primeiros meses para o Projeto Básico - MRM (Fluxos em R\$).

	Mês 0	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
<b>PREÇO DOS INSUMOS (MRM)</b>							
P <sub>sj</sub> (R\$/saca)	40,568	40,101	39,734	39,392	39,072	38,773	38,494
P <sub>fs</sub> (R\$/ton)	603,702	591,230	581,423	572,579	564,592	557,371	550,835
P <sub>et</sub> (R\$/litro)	0,920	0,929	0,938	0,948	0,956	0,964	0,971
P <sub>Bs</sub> (R\$/litro)	2,154	2,154	2,154	2,154	2,154	2,154	2,154
<b>FLUXOS DE CAIXA PROJ BÁSICO (R\$/1000litros produzidos) (*)</b>	-	911,259	890,951	874,014	859,975	848,431	839,038

(\*) Fluxos definidos de acordo com a Equação (25).

O valor presente dos Fluxos de Caixa do Projeto Básico (sem opções), com base nas premissas apresentadas no subcapítulo 5.6.1 e preços revertendo à média de longo prazo pelo MRM, foi de **R\$44.044,25** para cada 1000 litros de Biodiesel produzido.

Ao simular-se os preços difundindo geometricamente pelo MGB, o Fluxo de Caixa do Projeto Básico (sem opções) encontrado foi de **R\$12.274,58** para cada 1000 litros de Biodiesel produzido.

### 5.6.1.2. Caso Base MGB

A **Tabela 7** mostra alguns resultados do Projeto Básico (sem opções) para os Fluxos de Caixa dos primeiros seis meses, considerando os preços comportando-se segundo um MGB

Tabela 7 - Fluxos de Caixa dos 6 primeiros meses para o Projeto Básico - MGB (Fluxos em R\$).

	Mês 0	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
<b>PREÇO DOS INSUMOS (MGB)</b>							
P <sub>sj</sub> (R\$/saca)	40,568	40,942	41,319	41,700	42,084	42,472	42,863
P <sub>fs</sub> (R\$/ton)	603,702	608,037	612,404	616,802	621,231	625,693	630,186
P <sub>et</sub> (R\$/litro)	0,920	0,926	0,933	0,940	0,947	0,954	0,960
P <sub>Bs</sub> (R\$/litro)	2,154	2,154	2,154	2,154	2,154	2,154	2,154
<b>FLUXOS DE CAIXA PROJ BÁSICO (R\$/1000litros produzidos) (*)</b>	-	917,496	898,336	878,944	859,317	839,453	819,349

(\*) Fluxos definidos de acordo com a Equação (25).

O valor presente dos Fluxos de Caixa do Projeto Básico (sem opções), com base nas premissas apresentadas no subcapítulo 5.6.1 e preços difundindo



geometricamente pelo MGB, foi de **R\$12.274,58** para cada 1000 litros de Biodiesel produzido.

Nota-se que houve uma diferença significativa nos valores encontrados para os Projetos Básicos ao se variar o método de simulação de preços estocásticos. Isso ocorre devido à diferença na simulação do preço da soja, que é considerada um custo do processo produtivo (conforme mostrado nas Equações 25 a 30) decorrente da aplicação de cada um dos modelos (MRM ou MGB). No MGB os preços da soja aumentam exponencialmente, resultando num VPL menor do que o encontrado pelo MRM.

Essa diferença no valor dos VPL's dos Projetos Básicos não invalida o objetivo principal do estudo, que é avaliar o ganho proveniente ao se valorar as opções inerentes ao processo produtivo, dada a simulação de preços através de um processo estocástico específico.

### **5.6.2. Projetos com Opções**

As premissas utilizadas para o Projeto com Opções (utilizando o MRM e o MGB como simuladores de preços) foram:

- Fluxos de caixa mensais, referentes à produção de 1000 litros de Biodiesel e Óleos, conforme Equações (25) a (30);
- Preços dos grãos, das tortas (exceto torta de mamona), dos óleos e do etanol comportam-se estocasticamente revertendo-se a um valor médio (para a análise pelo MRM) e difundindo-se geometricamente (para a análise pelo MGB), de acordo com as Equações (38) e (34), respectivamente, com os parâmetros mostrados nas **Tabelas 4 e 5**;
- Para a torta de mamona, foi considerado o preço R\$ 420/ton para todo o Projeto, dadas as limitações apresentadas no sub-capítulo 5.2.
- Projeto com 60 (sessenta) períodos mensais;
- O custo de investimento inicial no Projeto é nulo, ou seja, foi considerada uma usina já existente, em plena produção e que já tenha amortizado seu custo de implantação;

- Os custos de esmagamento dos grãos e os custos do processo de transesterificação não foram considerados na análise. A não inserção destes custos não invalida o estudo, já que os custos de conversão do processo produtivo dependem principalmente da escala da Planta Produtora, premissa confirmada pelo Estudo de BARROS et al. (2003).
- A receita decorrente da venda da glicerina produzida foi desconsiderada, dada a perspectiva de queda brusca nos preços praticados devido ao excesso de glicerina “injetada” no mercado.
- Preço Corrente Biodiesel - R\$ 2,154 (de acordo com o preço do último Leilão praticado em 2007, deflacionado pelo IGP-DI de dez/07, conforme **Tabela 1**).
- Taxa de desconto livre de risco (utilizada como taxa de desconto dos fluxos de caixa, conforme processo neutro ao risco) é a TJLP de Out/07 a Dez/07 - 6,25% a.a ou 0,51% a.m.

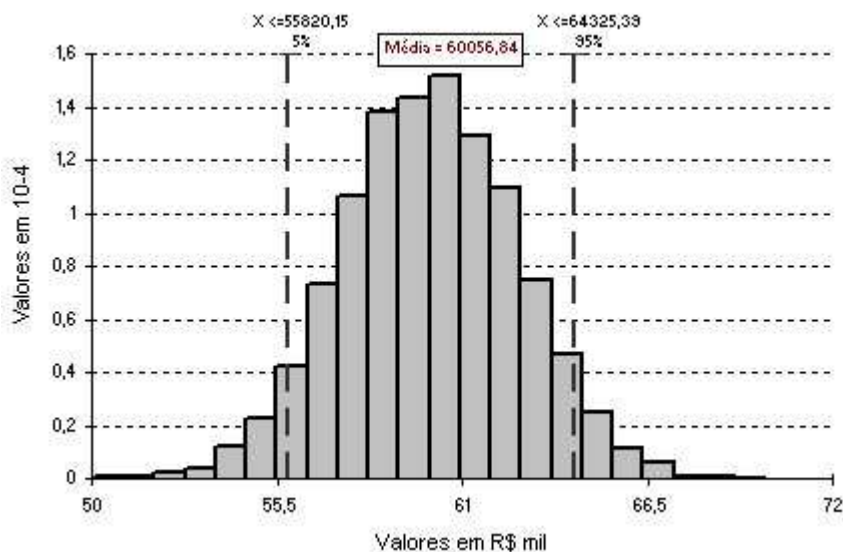
#### 5.6.2.1.

#### Projeto com Opções - Simulação pelo MRM

Na Simulação de preços pelo Processo de Reversão à Média, o valor presente dos Fluxos de Caixa quando se avaliou a produção flexível de Biodiesel utilizando três possibilidades de *inputs* (soja, mamona ou algodão) e com a opção de venda dos óleos brutos após prensagem (em vez de sua utilização na reação de transesterificação), foi de **R\$ 60.056,84** para cada 1000 litros de Biodiesel produzido. Isso nos levou a valorar as opções (mudança ou conversão de insumo de produção de Biodiesel e opção de venda dos óleos brutos), relativamente ao Projeto Básico sem opções (que só utiliza soja como *input*, valorado por **R\$ 44.044,25** para cada 1000 litros de Biodiesel produzido), em **R\$ 16.012,59** para cada 1000 litros de Biodiesel produzido.

A **Figura 23** a seguir mostra a distribuição de probabilidades dos valores do Projeto com as opções agregadas para o total de 10.000 iterações efetuadas, utilizando-se o MRM como processo estocástico simulador dos preços das variáveis (grãos, farelos e etanol).

Figura 23 - Distribuição de probabilidades dos VPL's do Projeto com opções, com preços simulados pelo MRM.

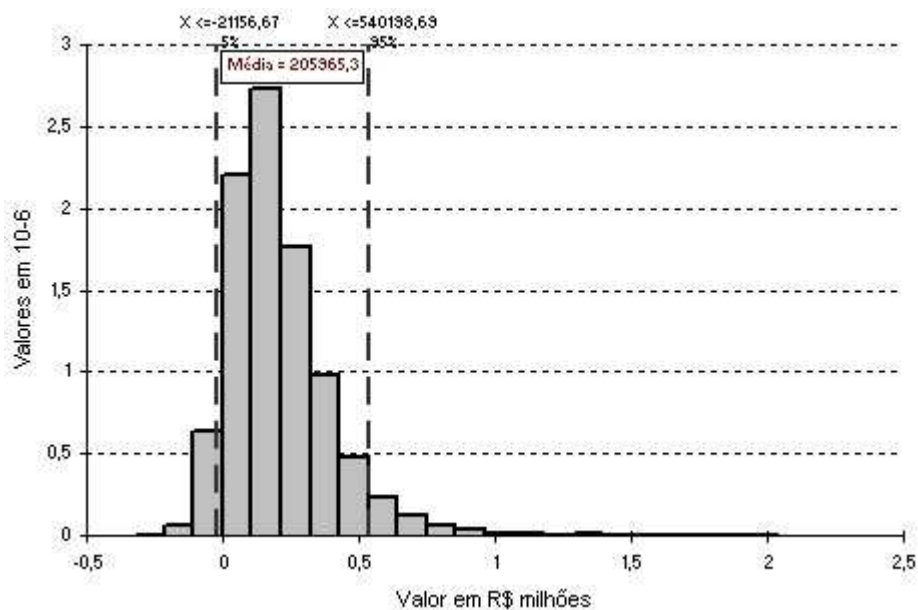


#### 5.6.2.2. Projeto com Opções - Simulação pelo MGB

Na simulação dos preços segundo um MGB, a produção flexível do Biodiesel (utilizando três possibilidades de *inputs* e com a opção de venda dos óleos brutos após prensagem) nos levou a um valor de **R\$205.965,30** para cada 1000 litros de Biodiesel produzido, significando que as opções existentes (conversão dos insumos e venda dos óleos brutos) agregam, ao Projeto Básico (que só utiliza soja como *input*, valorado por **R\$12.274,58** para cada 1000 litros de Biodiesel produzido), o valor de **R\$193.690,72** para cada 1000 litros de produção do referido combustível.

A **Figura 24** a seguir mostra a distribuição de probabilidades dos valores do Projeto com as opções agregadas para o total de 10.000 iterações efetuadas, utilizando-se o MGB como processo estocástico simulador dos preços das variáveis (grãos, óleos, farelos e etanol).

Figura 24 - Distribuição de probabilidades dos VPL's do Projeto com opções, com preços simulados por um MGB.



## 5.7. Síntese dos Resultados

Na **Tabela 8** a seguir são sintetizados os resultados encontrados para o VPL do Projeto de acordo com a Metodologia proposta por este Estudo.

Tabela 8 - Comparativo do valor do Projeto com o uso das opções de conversão e possibilidade de venda do óleo bruto (R\$/1000 litros de Biodiesel).

	Insumos	Simulação pelo MRM		Simulação pelo MGB	
		VPL por FCD (R\$)	VPL c/opções (R\$)	VPL por FCD (R\$)	VPL c/opções (R\$)
<b>Projeto Básico</b>	Soja	44.044,25		12.274,58	
<b>Projeto com Opções</b>	Soja, Mamona e Algodão		60.056,84		205.965,30
<b>Valor agregado ao Projeto (R\$)</b>		16.012,59		193.690,72	
<b>Ganho %</b>		36,3%		1577,99%	

No Projeto Básico com simulação de preços através do MGB encontrou-se um VPL menor do que o encontrado através do MRM. Isso ocorre porque os preços da soja (considerada um custo do Processo Produtivo) aumentam exponencialmente num MGB, o que não ocorre no MRM (preços reverterem ao preço médio de longo prazo).

Já no Projeto com Opções, o MGB agregou maior volatilidade aos fluxos de caixa, gerando VPL's consideravelmente maiores dos que os encontrados ao se utilizar o MRM. No caso de preços iniciais muito abaixo de seu valor de longo prazo, é possível que a velocidade de reversão à média atue mais fortemente do que a difusão browniana e, conseqüentemente cause grande impacto nos preços determinísticos.

Independente da diferença de valores da opção encontrados pelo MGB e o MRM (dadas as premissas e limitações inerentes ao Estudo), observa-se que, em ambos os casos, a opção de poder utilizar soja, mamona ou algodão como subproduto do Biodiesel (em vez de utilizar a soja somente) tem valor. Esse ganho é proveniente das opções de conversão de *inputs* (insumos utilizados, ou seja, soja em grão, mamona em baga e caroço de algodão) e escolha dos *outputs* (produção exclusiva dos óleos brutos em vez do Biodiesel combustível).

No subcapítulo a seguir são analisados os impactos das variações de algumas premissas nos resultados encontrados. Mediu-se a sensibilidade dos resultados em relação às variáveis arbitradas nas premissas, ou seja, a taxa de juros, o preço do Biodiesel e preço da torta de mamona.

## **5.8. Análise de sensibilidade dos resultados encontrados**

As premissas, conforme definidas nos subcapítulos 5.6.1 e 5.6.2, apresentam 3 (três) variáveis cuja variação não foi projetada estocasticamente: o preço da torta de mamona, o preço do Biodiesel e a taxa de juros livre de risco (esta última utilizada como taxa de desconto, pois utilizou-se o processo neutro ao risco).

Neste subcapítulo avaliou-se o impacto da variação das mesmas no valor do Projeto com Opções, tanto para o MRM como para o MGB.

Para medir a sensibilidade utilizou-se intervalos de 0,5% na variação da taxa de juros, variações de R\$ 100/tonelada no preço da torta de mamona e variações de 10% no preço do Biodiesel, com simulações contendo 5000 iterações.

Nas **Tabelas 9, 10 e 11** pode-se observar como varia o valor do Projeto com Opções em função da variação das variáveis citadas, com a utilização do MRM como modelo de previsão.

Tabela 9 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação da taxa de juros e do preço da Torta de Mamona.

Valor do Projeto com Opções (MRM)		Preço da Torta de Mamona (R\$/ton)				
		220,00	320,00	420,00	520,00	620,00
Taxa de juros livre de risco	5,25%	52208,59	56135,39	61273,04	67883,80	75884,49
	5,75%	51634,69	55526,81	60616,20	67160,77	75077,49
	6,25%	51072,22	54930,29	59972,32	66451,93	74286,34
	6,75%	50520,88	54345,50	59341,05	65756,95	73510,62
	7,25%	49980,37	53772,16	58722,07	65075,45	72749,93

Tabela 10 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação da taxa de juros e do preço do Biodiesel.

Valor do Projeto com Opções (MRM)		Preço do Biodiesel (R\$/litro)				
		1,780	1,958	2,154	2,369	2,606
Taxa de juros livre de risco	5,25%	54387,66	57028,29	61319,66	67396,66	75684,22
	5,75%	53826,55	56429,00	60662,20	66658,91	74839,41
	6,25%	53276,37	55841,45	60017,71	65935,79	74011,45
	6,75%	52736,82	55265,35	59385,86	65226,93	73199,93
	7,25%	52207,65	54700,38	58766,31	64531,98	72404,40

Tabela 11 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação do preço da Torta de Mamona e do preço do Biodiesel.

Valor do Projeto com Opções (MRM)		Preço do Biodiesel (R\$/litro)				
		1,780	1,958	2,154	2,369	2,606
Preço Torta de Mamona (R\$/ton)	220,00	40339,48	44710,79	51093,86	59451,64	69735,81
	320,00	46210,09	49651,53	54919,05	62145,98	71442,69
	420,00	53403,79	55948,18	60032,72	65966,52	74026,89
	520,00	61784,65	63541,87	66488,16	71083,85	77707,52
	620,00	71122,02	72258,38	74218,92	77538,59	82665,75

Os resultados das **Tabelas 9, 10 e 11** são consolidados, respectivamente, nas **Figuras 25, 26 e 27**.

Figura 25 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação da taxa de juros e do preço da Torta de Mamona.

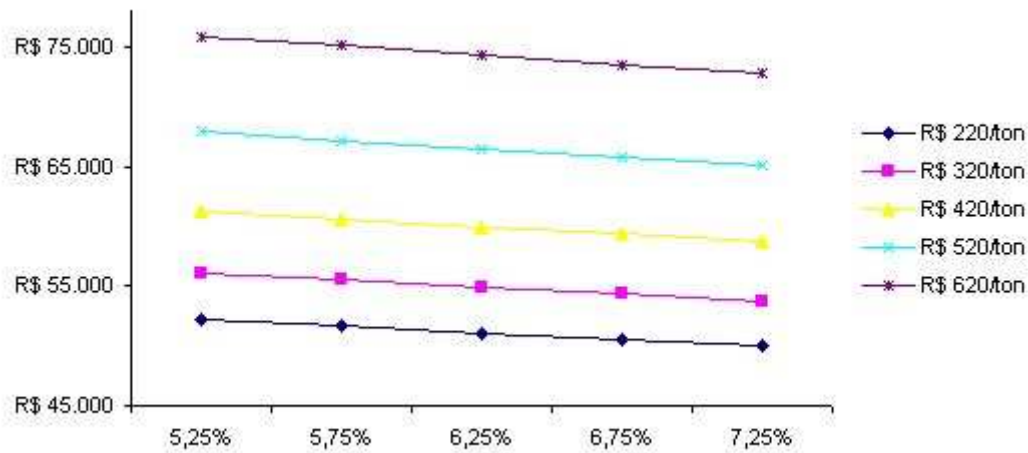


Figura 26 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação da taxa de juros e do preço do Biodiesel.

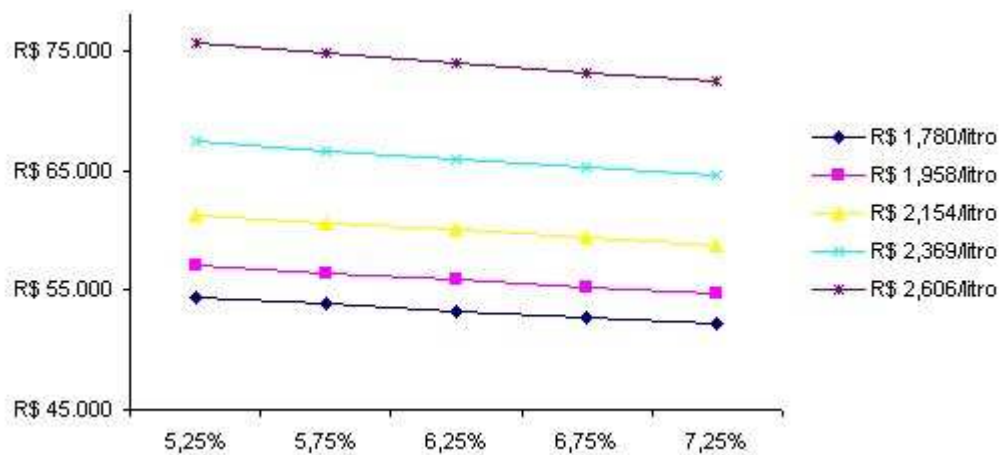
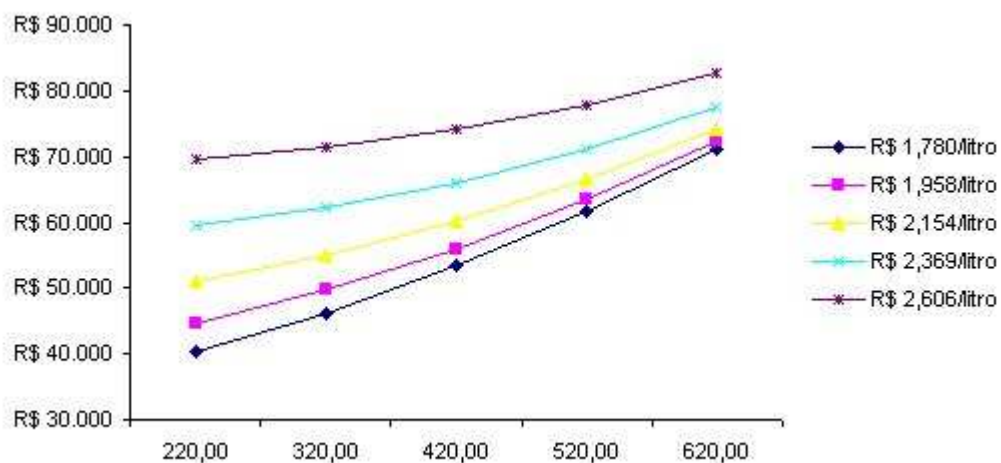


Figura 27 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MRM) à variação do preço da Torta de Mamona e do preço do Biodiesel.



Nas **Tabelas 12, 13 e 14** pode-se observar como varia o valor do Projeto com Opções em função da variação das variáveis analisadas, com a utilização do MGB como modelo de previsão.

Tabela 12 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) com variação da taxa de juros e do preço da Torta de Mamona.

Valor do Projeto com Opções (MGB)		Preço da Torta de Mamona (R\$/ton)				
		220	320	420	520	620
Taxa de juros livre de risco	5,25%	201468,30	205064,10	207296,10	216848,60	223324,60
	5,75%	198581,00	202158,90	204365,80	213801,80	220187,30
	6,25%	195756,60	199316,60	201499,00	210821,00	217118,10
	6,75%	192993,20	196535,60	198694,00	207904,30	214115,00
	7,25%	190289,30	193814,10	195949,10	205050,10	211176,20

Tabela 13 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) à variação da taxa de juros e do preço do Biodiesel.

Valor do Projeto com Opções (MGB)		Preço do Biodiesel (R\$/litro)				
		1,780	1,958	2,154	2,369	2,606
Taxa de juros livre de risco	5,25%	203104,30	211251,4	211322,90	209714,90	212921,8
	5,75%	200227,30	208260,9	208337,20	206773,50	209941,1
	6,25%	197412,70	205335,2	205416,30	203895,70	207024,8
	6,75%	194659,00	202472,6	202558,20	201079,70	204171,2
	7,25%	191964,30	199671,3	199761,40	198323,80	201378,5

Tabela 14 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) à variação do preço da Torta de Mamona e do preço do Biodiesel.

Valor do Projeto com Opções (MGB)		Preço do Biodiesel (R\$/litro)				
		1,780	1,958	2,154	2,369	2,606
Preço Torta de Mamona (R\$/ton)	220,00	190315,90	192762,3	196418,00	198429,90	206724,3
	320,00	194245,00	196643,6	200198,20	202095,70	210116,4
	420,00	198408,70	200757,1	204219,80	206007,70	213742,7
	520,00	202806,30	205103,4	208480,10	210167,40	217606,5
	620,00	207430,90	209677,4	212974,00	214567,20	221709,9

Os resultados das **Tabelas 12, 13 e 14** são consolidados, respectivamente, nas **Figuras 28, 29 e 30**.



Figura 28 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) com variação da taxa de juros e do preço da Torta de Mamona.

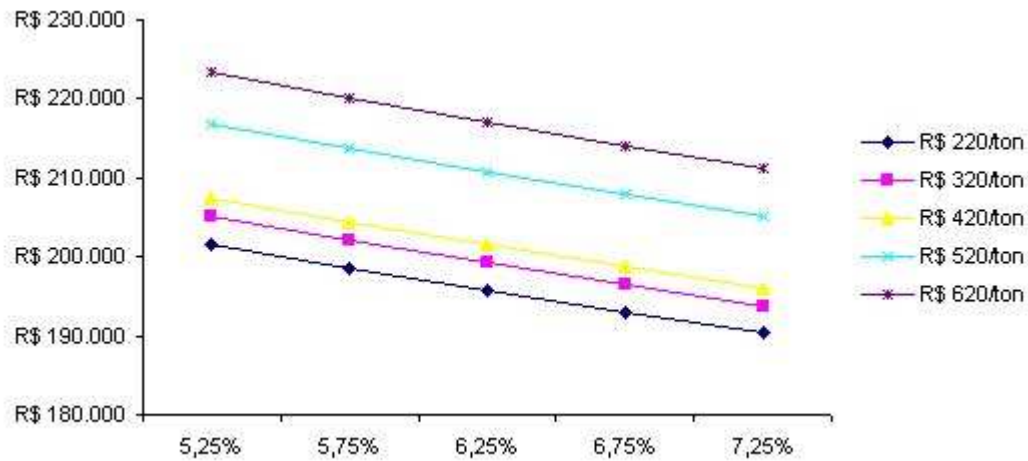


Figura 29 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) à variação da taxa de juros e do preço do Biodiesel.

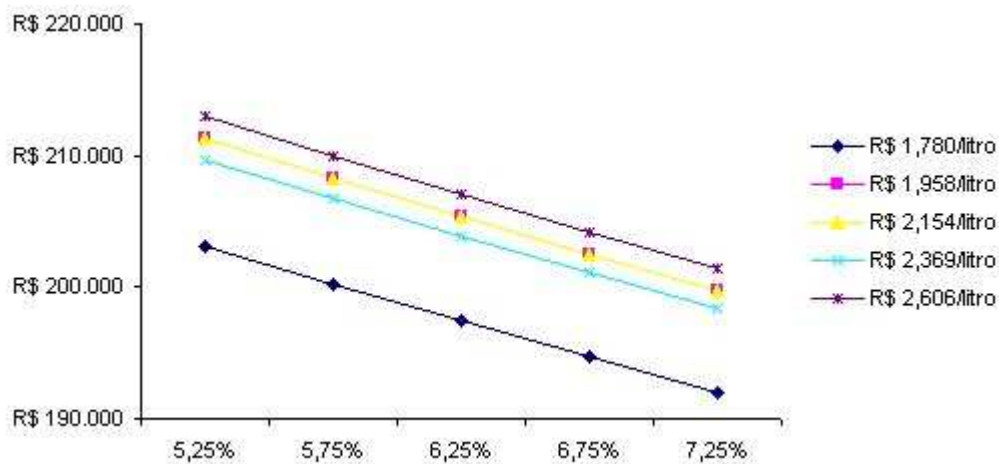
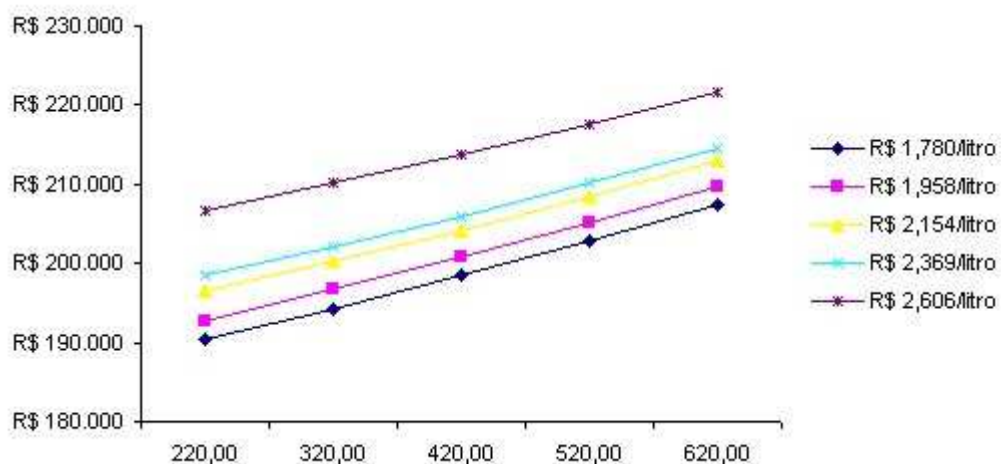


Figura 30 - Sensibilidade do Valor do Projeto com Opções (via MGB) à variação do preço da Torta de Mamona e do preço do Biodiesel.



Como era esperado, o valor do Projeto com Opções é inversamente proporcional à taxa de juros livre de risco, já que esta foi utilizada como taxa de desconto do Projeto. Os preços do Biodiesel e da Torta de Mamona, como influem positivamente nos fluxos de caixa aumentam o valor do Projeto quando aumentam de valor.

No caso do MRM, pode-se notar uma influência mais significativa dos preços da Torta de Mamona e do Biodiesel no valor da Opção, dada a evidente convergência das curvas, conforme pode ser observado na **Figura 27**. Isso ocorre porque as demais variáveis (com exceção do óleo de algodão) reverteram a preços médios menores dos que os atuais, enquanto o preço da Torta de Mamona e do Biodiesel são fixos em todo o período.

Mesmo com a evidente influência do valor das variáveis “Preço do Biodiesel” e “Preço da Torta de Mamona” nota-se que, para todos os intervalos simulados de variação destas variáveis, as opções de conversão associadas ao Processo Produtivo do Biodiesel têm valor, sendo possível gerar cenários mais favoráveis e que adicionem valor à análise tradicional pelo Fluxo de Caixa Descontado.

## 6 Conclusões e Recomendações

### 6.1. Conclusões

Analisou-se o valor da flexibilidade que uma usina hipotética de Biodiesel possui de poder escolher, a cada mês, o insumo ótimo em seu processo produtivo de Biodiesel, considerando-se custos de produção semelhantes para cada um dos possíveis insumos utilizados.

Os resultados indicam que a existência desta flexibilidade gerencial aumenta o valor do projeto em todas as situações analisadas, mesmo no modelo de reversão à média, geralmente mais conservador (exceto nos casos onde o preço corrente, por estar muito distante do preço médio, fazendo com que retorne ao preço médio mais rapidamente do que por difusão browniana). Concluímos que a flexibilidade existente na escolha entre o grão de soja, da baba de mamona e do caroço de algodão como matérias-primas para a produção do Biodiesel possui valor significativo e que a análise por Opções Reais pode gerar cenários mais favoráveis para projetos de implementação de plantas produtoras de Biodiesel, adicionando valor à análise pelo Fluxo de Caixa Descontado tradicional.

Dadas as diferenças significativas nos resultados encontrados, a seleção do processo estocástico e seus parâmetros é um fator importante na valoração desta classe de projetos. Aos níveis de preços atuais, a análise tradicional do FCD poderia rejeitar o uso de uma determinada oleaginosa como insumo de produção, mas devido às diferenças entre os processos estocásticos utilizados na modelagem de preços futuros, é possível encontrar resultados indicando conclusões em outro sentido. Cabe ressaltar que o estudo analisou apenas os ganhos advindos das flexibilidades inerentes ao processo produtivo do Biodiesel, nada se podendo concluir a respeito da viabilidade da usina produtora.

A introdução do Biodiesel na matriz energética brasileira não se traduz simplesmente na substituição do diesel convencional por uma fonte de energia

renovável. Os impactos da implantação em larga escala destas unidades de produção no Brasil afetarão o campo, a indústria, o meio ambiente, a formação de renda e os preços internacionais destes produtos, mas exceto por uma improvável política de fortes subsídios governamentais para o setor, a viabilidade deste modelo depende fundamentalmente da viabilidade econômica de cada uma dessas unidades produtivas. Nesse sentido, a correta avaliação dos riscos e retornos deste tipo de projeto, incorporando-se as vantagens competitivas que a flexibilidade de escolha de insumos e produtos oferece a uma planta de Biodiesel através da aplicação da metodologia das Opções Reais, pode atrair o capital privado necessário para o volume de investimento exigido.

## **6.2.**

### **Limitações metodológicas e sugestões para trabalhos futuros**

Este estudo apresenta algumas limitações. Não foi considerado qualquer impacto tributário na cadeia produtiva do Biodiesel gerado pelas oleaginosas estudadas, apesar dos muitos incentivos que têm sido criados pelo governo brasileiro para fomentar a produção do Biodiesel. Os custos de produção foram considerados os mesmos, independente da oleaginosa utilizada. Trabalhos que tenham como objetivo a análise de viabilidade econômico-financeira de uma usina de Biodiesel certamente deverão levar em conta tais incentivos fiscais e os custos inerentes ao processo produtivo, uma vez que podem impactar a decisão de utilização da soja, mamona ou do algodão como matéria-prima para a produção do Biodiesel de forma distinta da vislumbrada no presente estudo. Como exemplo, pode ser citado o Decreto-Lei nº 5.297 de 6 de dezembro de 2004 que concede redução de 100% na alíquota de PIS/PASEP e COFINS para a produção de Biodiesel a partir da mamona cultivada nas regiões norte e nordeste, enquanto a redução para a soja é menor. Tampouco foram incluídos os custos de transporte no cálculo do valor da opção, que podem ser relevantes se os centros produtores de mamona e soja forem distantes entre si e da unidade industrial de Biodiesel, nem os impactos causados pelo aumento da produção e demanda pelo Biodiesel.

Observou-se também (como aponta a análise de sensibilidade apresentada) que o preço da Torta de Mamona (considerado fixo devido à inexistência de dados históricos confiáveis, dada a incipiência e pouca liquidez de tal mercado) e o

preço do Biodiesel (tomado pelo preço do último leilão do ano de 2007) são significativos no valor do Projeto com Opções. O tratamento não-estocástico de tais variáveis pode enviesar os resultados (do ponto de vista de viabilidade econômico-financeira de uma ou outra oleaginosa), apesar de não influenciar na validade do valor agregado pelas opções. Futuramente, com o avanço da produção e da comercialização do Biodiesel (e conseqüentemente gerando uma maior liquidez no mercado da Mamona) tais limitações certamente tenderão a desaparecer.

Trabalhos futuros, além de tratar das limitações aqui citadas, poderiam incluir a modelagem estocástica de outras oleaginosas possíveis de serem utilizadas como insumos do Biodiesel (como por exemplo, pinhão manso, milho, amendoim, entre outras), e de seus respectivos subprodutos. É possível também considerar opções nos reagentes, com a adição do metanol, com tratamento estocástico dos preços do mesmo.

Além disso, podem-se considerar como modeladores de preços outros processos estocásticos, como por exemplo, o Processo de Reversão à Média com *Jumps*.

## 7 Referências Bibliográficas

ABIOVE (2007) - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Complexo Soja - Evolução das Cotações Médias**. Disponível em: <[http://www.abiove.com.br/cotacoes\\_br.html](http://www.abiove.com.br/cotacoes_br.html)>

ALVES, M.L. **Carro Flex Fuel: Uma Avaliação por Opções Reais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Orientador: Luiz Eduardo Teixeira Brandão.

ANP (2007) - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/biocombustiveis\\_leilao\\_Biodiesel.asp](http://www.anp.gov.br/biocombustiveis_leilao_Biodiesel.asp)>. Acesso em: 16 dez. 2007.

ANP (2007a) - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Leilões. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/petro/dados\\_estatisticos.asp](http://www.anp.gov.br/petro/dados_estatisticos.asp)>. Acesso em: 23 jan. 2008.

ANP (2007b) - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/petro/relatorios\\_precos.asp](http://www.anp.gov.br/petro/relatorios_precos.asp)>. Acesso em: 16 dez. 2007.

ANP (2008) - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/petro/precos\\_de\\_produtores.asp](http://www.anp.gov.br/petro/precos_de_produtores.asp)>. Acesso em: 23 jan. 2008.

BARAN, F. D. **Avaliação de uma floresta de eucaliptos na presença de um mercado de certificados para reduções de emissões de carbono: uma abordagem por Opções Reais**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

BARROS, G.S.A.C. et al. **Custos de Produção de Biodiesel no Brasil**. Revista de Política Agrícola, v. XV, p. 36-50, 2006.

BASTIAN PINTO, C.; BRANDÃO, L.; HAHN, W. **Option to Switch Among Sugar and Ethanol**. In: 11th Annual International Conference on Real Options: Theory Meets Practice, 2007, Berkeley. 11th Real Option - Practitioner Conference - CD, 2007.

BASTIAN PINTO, C.; BRANDÃO, L.; ALVES, M. **The Ethanol-Gas Flex Fuel car: What is the option value of choosing your own Fuel?** In: 12th Annual Conference on Real Options, 2008, Rio de Janeiro. Real options valuation in the Global Economy, 2008.

BELTRÃO, N.E.M., ARAÚJO, A. E., AMARAL, J. A. B., SEVERINO, L. S., CARDOSO, G. B., PEREIRA, J. R. **Zoneamento e época de plantio da mamoneira para o nordeste brasileiro**, 2004.

BENDER, M. **Economic feasibility review for community-scale farmer cooperatives for Biodiesel**. Biores. Technol., v. 70, p. 81-87, 1999.

BLACK, F., SCHOLES, M. **The Pricing of Options and Corporate Liabilities**. Journal of Political Economy, 1973.

BLANK, F. F. **Opções Reais em project finance e parceria público-privada: uma aplicação em concessões rodoviárias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 2008.

BRANDÃO, L. **Uma aplicação da teoria das opções reais em tempo discreto para a valoração de uma concessão rodoviária**. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2002

BRENNAN, M. J. , SCHWARTZ, E. S. **Evaluating Natural Resource Investments**, Journal of Business, v. 58, n. 2, p. 135-57; 1985.

CASTILHO, M. **Integração regional e mercado de trabalho: impactos da ALCA e do acordo UE-MERCOSUL para o Brasil**. Revista de la CEPAL, 78. 2005

CEPEA (2008) – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Indicador Mensal Álcool CEPEA / ESALQ – Alagoas**. Disponível em: <[http://www.cepea.esalq.usp.br/alcool/?id\\_page=410](http://www.cepea.esalq.usp.br/alcool/?id_page=410)> Acesso em: 23 jan. 2008.

CHALKLEY, A.P. **Moteurs diesel : type fixe et type marine**. Paris : Dunod, 1919.

CONAB (2008). Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/AlgodaoSerieHist.xls>> Acesso em: 07 jan. 2008.

COPELAND, T; ANTIKAROV. V. **Real Options: a practioner's guide**. 1st ed. USA: Texere, 2001, 372p.

COPELAND, T.; KOLLER, T.; MURRIN, J. **Avaliação de empresas**. 2ª. ed . São Paulo: Makron Books, 2000.

CORTAZAR, G.; E.S. SCHWARTZ. **Monte Carlo Evaluation of an Undeveloped Oil Field**. Journal of Energy, Finance & Development, 3:1, 73-84, 1998.

DAMODARAN, A. **The promise and peril of real options**. New York: Stern School of Business, 1996, Working Paper.

DANTAS, H.J. et al. Caracterização Físico-Química e Estudo Térmico de Biodiesel Etílico de Algodão. I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2006, Brasília. I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2006. v. I. p. 231-235.

DIÁRIO OFICIAL. **Lei Ordinária nº 11097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe Sobre a Introdução do Biodiesel Na Matriz Energetica Brasileira e dá Outras Providencias**. Poder Executivo, Brasília, DF. 14 jan. 2005.

DIAS, M.A.G. **Investimento sob incerteza em Exploração e Produção de Petróleo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção); PUC - Rio de Janeiro, RJ; 1996.



DIAS, M.A.G. **Selection of Alternatives of Investment in Information for Oilfield Development Using Evolutionary Real Options Approach**. Los Angeles: Proceedings of the 5th Annual International Conference on Real Options, 2001.

DIAS, M.A.G. **Opções Reais Híbridas com Aplicações em Petróleo**; Tese de Doutorado; PUC – Rio de Janeiro, RJ; Janeiro 2005.

DIXIT, A.K.; PINDYCK, R.S. **Investment under Uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1994.

ECODIESEL (2007). Disponível em:  
<[www.acionista.com.br/home/brasil\\_ecodiesel/resultados\\_1T07.pdf](http://www.acionista.com.br/home/brasil_ecodiesel/resultados_1T07.pdf)>; Acesso em: 16 dez. 2007.

EMBRAPA (2003). **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil**. Disponível em:  
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/importancia.htm>>. Acesso em: 07 jan. 2008.

EMBRAPA (2006). **Cultivo do Algodão Herbáceo na Agricultura Familiar**. Disponível em: <  
[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar\\_2ed/index.html](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar_2ed/index.html)>. Acesso em 21 jan. 2008.

FREITAS, S.M.; FREDO, C. E. **Biodiesel à base de óleo de mamona: algumas considerações**. Revista Informações Econômicas, v.35, n.1, Instituto de Economia Agrícola - IEA, São Paulo, SP, Janeiro 2005.

HULL, J. **Options, Futures and Other Derivatives**, 5th Edition, Prentice Hall, New Jersey, 2003.

LEIRAS, A. **A cadeia produtiva do Biodiesel: uma avaliação econômica para o caso da Bahia**. 156f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial) - Departamento de Engenharia Industrial, PUC – Rio de Janeiro. 2006.

KULATILAKA N. e Marcus A. J. (1992). **Project valuation Under Uncertainty: Where Does DCF Fail?** Journal of Applied Corporate Finance, Autumn, pp.92-100.

MARCOCCIA, R. **A participação do etanol brasileiro em uma nova perspectiva na matriz energética mundial.** 95f. Dissertação de Mestrado (Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) – Faculdade de Economia e Administração, USP – São Paulo. 2007.

MARTIN, D.M.L. **Precificação de opções com volatilidade estocástica.** Revista Brasileira de Gestão de Negócios – Ano 6, n. XIV. São Paulo. 2004.

MENDES, R.A. **Diagnóstico, Análise de Governança e Proposição de Gestão para a Cadeia Produtiva do Biodiesel da Mamona (CP/BDM): o Caso do Ceará.** Fortaleza, 2005. XIX, 159 fl., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

MERTON, R. C. **Theory of Rational Option Pricing.** Bell Journal of Economics and Management Science, 1973.

OLEOLINE – **The oleochemical e-business site.** Disponível em <<http://www.oleoline.com>>; Acesso em: 16 dez. 2007.

PADDOCK, J. L.; SIEGEL, D. R.; SMITH, J. L. **Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases.** Quarterly Journal of Economics, August, p. 479-508, 1988.

PIRES, M. M., ALVES, J. M., NETO, J. A. A., ALMEIDA, C. M., SOUSA, G. S., CRUZ, R. S., MONTEIRO, R., LOPES, B. S., ROBRA, S. **Biodiesel de mamona: uma avaliação econômica.** I Congresso Brasileiro de Mamona: Energia e Sustentabilidade: Campina Grande, 2004.

RBB (2007) - Rede Baiana de Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.rbb.ba.gov.br/index.php?menu=biblioteca>> ; Acesso em 12 jan. 2008.

RIBEIRO, R. A., BEZERRA, G., ANDRÉ, R., **Estudo tecnológico da produção de biocombustíveis a partir de óleos vegetais**. Projeto de final de Curso - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2003.

ROSS, Stephen A., WESTERFIELD, Randolph W., JAFFE, Jeffrey F. **Administração Financeira**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SAF-MDA – Secretaria de Agricultura Familiar do Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Biodiesel no Brasil: Resultados sócio-econômicos e expectativa futura**. Brasília, 2007.

SANTOS, M.A. **Inserção do Biodiesel na Matriz Energética Brasileira: Aspectos Técnicos e Ambientais relacionados ao seu uso em motores de combustão**. 117f. Dissertação de Mestrado (Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) – Faculdade de Economia e Administração, USP – São Paulo. 2007.

SANTOS, R.F.; KOURI, J. **O Brasil no Mercado Mundial do Algodão**. In: VI Congresso Brasileiro do Algodão, 2007, Uberlândia, MG. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, 2007. v. 1. p. 1-8.

SEAGRI (2007) - Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária da Bahia. Disponível em: < <http://www.seagri.ba.gov.br/cotacao.asp>>. Acesso em: 16 dez. 2007.

SEBRAE (2007) - Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Biodiesel. Disponível em: <[http://www.Biodiesel.gov.br/docs/Cartilha\\_Sebrae.pdf](http://www.Biodiesel.gov.br/docs/Cartilha_Sebrae.pdf)>. Acesso em: 16 dez. 2007.

SCARTEZINI, A.V. **Opções Reais em Decisões de Investimento em Exploração e Produção**. Dissertação (Mestrado em Finanças e Economia Empresarial); Fundação Getúlio Vargas - RJ, 2006.

SCHROEDER, E. M.; CASTRO, J.C. **Transporte Rodoviário de Carga: Situação Atual e Perspectivas**. 1996.

SHIMKO, D.C. **Finance in Continuous Time. A Primer.** 1st ed. Local Kolb Publishing Company, 1992, 110 p.

SCHWARTZ, E. S. **The Stochastic Behavior of Commodity Prices: Implications for Valuation and Hedging.** The Journal of Finance; v. 52, n. 3, July 1997.

TERRA VIVA. **Mini-fábrica de ração e adubo e óleo comestível ou combustível.** Instituto de promoção agrícola e desenvolvimento Rural, Programa Terra Viva, Mariana, MG.1999.

TEIXEIRA, R. B. M. **Opções Reais e Teoria de Jogos como Base de Decisões Estratégicas em Empresas do setor de Telecomunicações no Brasil.** 2007. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

TITMAN, S. **Urban Land Prices Under Uncertainty.** The American Economic Review, v. 75, n. 3, June, p. 505-14, 1985.

TOURINHO, O. **The Option Value of Reserves of Natural Resources,** Working Paper, University of California at Berkeley, 1979.

TRIGEORGIS, L. **Real Options, Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation.** 1st ed. 5th printing. USA: The MIT Press, 1996, 427p.

ÚNICA (2007) - União da Indústria de Cana-de-açúcar de São Paulo. Disponível em <<http://www.unica.com.br>>. Acesso em 16 dez. 2007.

USDA (2008) - United States Department of Agriculture. Disponível em <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx>>. Acesso em: 21 jan. 2008.

VALE, J. P. C.; SILVA, L. G. **Estudo Comparativo das Características Físico-Químicas do Biodiesel Produzido a Partir de Diferentes Oleaginosas. II** Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel: Brasília, 2007.

WINSTON, W.L. **Financial Models Using Simulation and Optimization.** Palisade Co., Eds., 1998, 500 pp.

WITTWER, J.W (2004). **Monte Carlo Simulation Basics**. Disponível em <<http://vertex42.com/ExcelArticles/mc/MonteCarloSimulation.html>>. Acesso em 16 dez. 2007.

## 8 Apêndices

**Apêndice I - Série Mensal - Soja Grão - BA - Praça Barreiras/Luis Eduardo Magalhães (R\$/Saca 60kg). Fonte: SEAGRI - Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária da Bahia.**

Data	Preço
dez-01	24,70
jan-02	22,01
fev-02	21,55
mar-02	19,00
abr-02	18,72
mai-02	20,39
jun-02	23,20
jul-02	28,43
ago-02	29,79
set-02	34,05
out-02	39,67
nov-02	42,05
dez-02	43,41
jan-03	41,78
fev-03	39,50
mar-03	36,71
abr-03	34,07
mai-03	30,29
jun-03	32,18
jul-03	32,77
ago-03	31,90
set-03	34,86
out-03	41,74
nov-03	46,00
dez-03	42,56
jan-04	42,95
fev-04	44,00
mar-04	42,00
abr-04	42,16
mai-04	41,43
jun-04	40,88
jul-04	36,48
ago-04	32,32
set-04	32,38
out-04	30,05
nov-04	28,89
dez-04	28,60
jan-05	28,21
fev-05	27,38
mar-05	28,71
abr-05	27,82

Data	Preço
mai-05	24,28
jun-05	25,79
jul-05	25,57
ago-05	25,23
set-05	23,01
out-05	22,71
nov-05	21,71
dez-05	22,97
jan-06	24,86
fev-06	22,88
mar-06	20,23
abr-06	19,82
mai-06	21,45
jun-06	22,50
jul-06	22,50
ago-06	22,02
set-06	22,24
out-06	23,08
nov-06	29,63
dez-06	34,00
jan-07	34,86
fev-07	32,47
mar-07	27,07
abr-07	25,25
mai-07	26,70
jun-07	28,94
jul-07	29,76
ago-07	32,17
Set-07	37,47
out-07	37,98
nov-07	38,07
dez-07	41,17

**Apêndice II - Série Mensal com base na Série diária- Mamona Grão - BA - Praça Irecê (R\$/Saca 60kg). Fonte: SEAGRI - Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária da Bahia.**

<b>Data</b>	<b>Preço</b>
dez-01	26,67
jan-02	27,43
fev-02	26,74
mar-02	27,29
abr-02	28,73
mai-02	32,04
jun-02	32,00
jul-02	31,46
ago-02	33,66
set-02	35,07
out-02	39,17
nov-02	40,10
dez-02	41,82
jan-03	44,96
fev-03	51,30
mar-03	51,57
abr-03	51,86
mai-03	56,76
jun-03	58,18
jul-03	53,32
ago-03	53,05
set-03	43,64
out-03	50,12
nov-03	52,61
dez-03	58,22
jan-04	63,50
fev-04	64,00
mar-04	73,13
abr-04	71,63
mai-04	60,71
jun-04	50,00
jul-04	50,62
ago-04	55,09
set-04	60,52
out-04	61,00
nov-04	56,58
dez-04	49,40
jan-05	48,00
fev-05	40,56
mar-05	39,00
abr-05	38,21

<b>Data</b>	<b>Preço</b>
mai-05	24,28
jun-05	25,79
jul-05	25,57
ago-05	25,23
set-05	23,01
out-05	22,71
nov-05	21,71
dez-05	22,97
jan-06	24,86
fev-06	22,88
mar-06	20,23
abr-06	19,82
mai-06	21,45
jun-06	22,50
jul-06	22,50
ago-06	22,02
set-06	22,24
out-06	23,08
nov-06	29,63
dez-06	34,00
jan-07	34,86
fev-07	32,47
mar-07	27,07
abr-07	25,25
mai-07	26,70
jun-07	28,94
jul-07	29,76
ago-07	32,17
set-07	37,47
out-07	37,98
nov-07	38,07
dez-07	41,17

**Apêndice III - Série Mensal - Algodão Caroço - Praça Bahia (R\$/Arroba).**  
**Fonte: CONAB.**

<b>Data</b>	<b>Preço</b>
dez-01	11,00
jan-02	11,00
fev-02	11,00
mar-02	11,00
abr-02	11,00
mai-02	11,10
jun-02	11,50
jul-02	12,00
ago-02	12,00
set-02	12,50
out-02	15,80
nov-02	18,00
dez-02	18,75
jan-03	19,40
fev-03	20,12
mar-03	20,00
abr-03	20,25
mai-03	20,87
jun-03	19,75
jul-03	19,40
ago-03	20,00
set-03	20,00
out-03	21,50
nov-03	24,25
dez-03	25,00
jan-04	26,00
fev-04	27,00
mar-04	25,20
abr-04	23,25
mai-04	22,62
jun-04	19,60
jul-04	18,30
ago-04	16,87
set-04	16,50
out-04	16,50
nov-04	16,50
dez-04	16,50
jan-05	16,50
fev-05	14,88
mar-05	14,50
abr-05	14,13

<b>Data</b>	<b>Preço</b>
mai-05	12,00
jun-05	13,00
jul-05	12,27
ago-05	11,98
set-05	12,00
out-05	12,00
nov-05	11,60
dez-05	11,00
jan-06	11,75
fev-06	12,00
mar-06	13,80
abr-06	13,88
mai-06	12,20
jun-06	12,38
jul-06	14,38
ago-06	15,00
set-06	15,00
out-06	15,00
nov-06	14,10
dez-06	13,62
jan-07	15,00
fev-07	15,00
mar-07	15,00
abr-07	15,00
mai-07	15,00
jun-07	15,00
jul-07	14,38
ago-07	14,50
set-07	14,50
out-07	14,90
nov-07	14,88
dez-07	14,67



**Apêndice IV - Série Mensal Estimada - Óleo de Soja Bruto- BA (R\$/ton)  
utilizando deflator das séries de Soja Grão e Óleo de Soja em SP.**

<b>Data</b>	<b>Preço</b>
dez-01	897,80
jan-02	842,41
fev-02	891,94
mar-02	790,52
abr-02	786,14
mai-02	900,36
jun-02	1076,66
jul-02	1196,76
ago-02	1407,09
set-02	1580,66
out-02	1838,85
nov-02	2036,38
dez-02	2226,81
jan-03	2029,88
fev-03	2045,79
mar-03	1866,46
abr-03	1701,05
mai-03	1412,21
jun-03	1476,31
jul-03	1531,82
ago-03	1425,45
set-03	1510,85
out-03	1831,36
nov-03	1922,38
dez-03	1868,65
jan-04	1849,15
fev-04	2281,85
mar-04	1886,45
abr-04	1804,95
mai-04	1878,87
jun-04	1698,36
jul-04	1644,94
ago-04	1539,50
set-04	1506,49
out-04	1377,43
nov-04	1364,35
dez-04	1296,53
jan-05	1273,82
fev-05	1249,42
mar-05	1262,62
abr-05	1266,73

<b>Data</b>	<b>Preço</b>
mai-05	1036,37
jun-05	1021,17
jul-05	1037,43
ago-05	954,34
set-05	954,02
out-05	990,00
nov-05	983,65
dez-05	1055,89
jan-06	1028,11
fev-06	949,29
mar-06	996,56
abr-06	973,53
mai-06	1105,16
jun-06	1097,51
jul-06	1126,31
ago-06	1147,85
set-06	1169,61
out-06	1157,87
nov-06	1607,75
dez-06	1901,21
jan-07	1901,70
fev-07	1523,92
mar-07	1247,33
abr-07	1315,57
mai-07	1483,38
jun-07	1675,98
jul-07	1882,89
ago-07	1874,30
set-07	1891,77
out-07	1900,28
nov-07	2057,37
dez-07	2133,89

**Apêndice V - Série Mensal Óleo de Mamona (R\$/ton com 18% ICMS Incluso - CIF - Grande São Paulo). Fonte: ABOISSA.**

Data	Preço
jan-04	3650,00
fev-04	4000,00
mar-04	4600,00
abr-04	4900,00
mai-04	4650,00
jun-04	3700,00
jul-04	3600,00
ago-04	3900,00
set-04	3900,00
out-04	3800,00
nov-04	3800,00
dez-04	3800,00
jan-05	3200,00
fev-05	3250,00
mar-05	3200,00
abr-05	3150,00
mai-05	3050,00
jun-05	2800,00
jul-05	2700,00
ago-05	2500,00
set-05	2350,00
out-05	2200,00
nov-05	2000,00
dez-05	1900,00
jan-06	2350,00
fev-06	2450,00
mar-06	2300,00
abr-06	2150,00
mai-06	2050,00
jun-06	2200,00
jul-06	2300,00
ago-06	2650,00
set-06	2750,00
out-06	2800,00
nov-06	2850,00
dez-06	2950,00
jan-07	2900,00
fev-07	3000,00
mar-07	2850,00
abr-07	2900,00
mai-07	3100,00

Data	Preço
jun-07	3150,00
jul-07	3500,00
ago-07	4700,00
set-07	4800,00
out-07	5000,00
nov-07	4500,00
dez-07	4700,00

**Apêndice VI - Série Mensal Óleo de Algodão (R\$/ton FOB - NE - 12%).**  
**Fonte: ABOISSA**

<b>Data</b>	<b>Preço</b>
jan-04	1500,00
fev-04	1600,00
mar-04	1600,00
abr-04	1650,00
mai-04	1600,00
jun-04	1520,00
jul-04	1400,00
ago-04	1280,00
set-04	1250,00
out-04	1200,00
nov-04	1100,00
dez-04	800,00
jan-05	850,00
fev-05	870,00
mar-05	830,00
abr-05	890,00
mai-05	920,00
jun-05	750,00
jul-05	780,00
ago-05	820,00
set-05	780,00
out-05	750,00
nov-05	720,00
dez-05	740,00
jan-06	800,00
fev-06	820,00
mar-06	810,00
abr-06	840,00
mai-06	835,00
jun-06	850,00
jul-06	870,00
ago-06	900,00
set-06	920,00
out-06	950,00
nov-06	1000,00
dez-06	1150,00
jan-07	1000,00
fev-07	1060,00
mar-07	1100,00
abr-07	1130,00
mai-07	1200,00

<b>Data</b>	<b>Preço</b>
jun-07	1280,00
jul-07	1400,00
ago-07	1560,00
set-07	1700,00
out-07	1800,00
nov-07	1960,00
dez-07	1980,00

**Apêndice VII - Série Mensal Estimada - Farelo de Soja - BA (R\$/ton)  
utilizando deflator das séries de Soja Grão e Farelo Grão em SP**

<b>Data</b>	<b>Preço</b>
dez-01	403,13
jan-02	383,43
fev-02	396,36
mar-02	344,70
abr-02	330,82
mai-02	344,45
jun-02	376,83
jul-02	443,32
ago-02	452,97
set-02	527,46
out-02	604,39
nov-02	611,63
dez-02	648,58
jan-03	687,19
fev-03	688,31
mar-03	595,35
abr-03	491,11
mai-03	455,93
jun-03	482,42
jul-03	488,87
ago-03	506,18
set-03	534,63
out-03	642,43
nov-03	722,29
dez-03	653,52
jan-04	656,83
fev-04	657,32
mar-04	616,46
abr-04	645,83
mai-04	681,87
jun-04	620,71
jul-04	504,64
ago-04	442,73
set-04	459,63
out-04	414,34
nov-04	408,86
dez-04	444,87
jan-05	414,49
fev-05	422,73
mar-05	414,41
abr-05	405,49

<b>Data</b>	<b>Preço</b>
mai-05	344,87
jun-05	380,57
jul-05	387,23
ago-05	372,10
set-05	358,90
out-05	360,62
nov-05	358,17
dez-05	423,81
jan-06	429,59
fev-06	336,79
mar-06	299,15
abr-06	298,02
mai-06	328,55
jun-06	332,33
jul-06	346,63
ago-06	330,45
set-06	356,82
out-06	350,24
nov-06	433,55
dez-06	468,71
jan-07	500,37
fev-07	459,35
mar-07	372,20
abr-07	329,45
mai-07	346,30
jun-07	381,52
jul-07	438,41
ago-07	451,73
set-07	568,38
out-07	574,69
nov-07	563,71
dez-07	612,61

**Apêndice VII - Série Mensal Farelo de Algodão 38% (R\$/ton FOB - SP - diferido. Fonte: ABOISSA**

Data	Preço
jan-04	400,00
fev-04	415,00
mar-04	415,00
abr-04	417,00
mai-04	415,00
jun-04	415,00
jul-04	480,00
ago-04	450,00
set-04	430,00
out-04	415,00
nov-04	350,00
dez-04	340,00
jan-05	345,00
fev-05	335,00
mar-05	305,00
abr-05	355,00
mai-05	337,00
jun-05	345,00
jul-05	345,00
ago-05	385,00
set-05	380,00
out-05	370,00
nov-05	375,00
dez-05	350,00
jan-06	330,00
fev-06	290,00
mar-06	300,00
abr-06	300,00
mai-06	285,00
jun-06	335,00
jul-06	335,00
ago-06	370,00
set-06	370,00
out-06	350,00
nov-06	350,00
dez-06	340,00
jan-07	330,00
fev-07	330,00
mar-07	380,00
abr-07	380,00
mai-07	380,00

Data	Preço
jun-07	380,00
jul-07	400,00
ago-07	410,00
set-07	470,00
out-07	505,00
nov-07	505,00
dez-07	425,00

**Apêndice IX - Indicador Mensal Álcool CEPEA / ESALQ (R\$/litro) - Alagoas**  
**- Fonte: CEPEA**

<b>Data</b>	<b>Preço</b>
dez-01	0,5853
jan-02	0,5527
fev-02	0,5960
mar-02	0,6043
abr-02	0,5787
mai-02	0,5789
jun-02	0,6133
jul-02	0,6017
ago-02	0,6166
set-02	0,6449
out-02	0,6907
nov-02	0,8231
dez-02	0,8180
jan-03	0,8370
fev-03	1,0388
mar-03	1,0351
abr-03	1,0341
mai-03	1,0379
jun-03	0,9003
jul-03	0,8276
ago-03	0,8423
set-03	0,8279
out-03	0,7408
nov-03	0,6426
dez-03	0,6985
jan-04	0,6950
fev-04	0,7004
mar-04	0,6641
abr-04	0,6529
mai-04	0,6866
jun-04	0,7880
jul-04	0,8365
ago-04	0,9127
set-04	0,8975
out-04	0,9383
nov-04	1,0603
dez-04	1,0256
jan-05	0,9871
fev-05	0,9502
mar-05	0,9832
abr-05	1,0053

<b>Data</b>	<b>Preço</b>
mai-05	0,9555
jun-05	0,8861
jul-05	0,9808
ago-05	1,0046
set-05	0,9591
out-05	0,9916
nov-05	1,0022
dez-05	0,9958
jan-06	1,1555
fev-06	1,1668
mar-06	1,2725
abr-06	1,3765
mai-06	1,2655
jun-06	1,1774
jul-06	1,1839
ago-06	1,2267
set-06	1,0886
out-06	0,9926
nov-06	0,9744
dez-06	0,9717
jan-07	0,9767
fev-07	0,9793
mar-07	0,9686
abr-07	1,0561
mai-07	1,0417
jun-07	0,8841
jul-07	0,8994
ago-07	0,9017
set-07	0,8644
out-07	0,7823
nov-07	0,81390
dez-07	0,93313

# 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](#)