

**JAMIL SAÚD MARQUES**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA  
PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção de Diploma  
de Engenheiro de Produção.

**São Paulo**

**2006**

**JAMIL SAÚD MARQUES**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA  
PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção de Diploma  
de Engenheiro de Produção.

**Orientador: Reinaldo Pacheco da Costa**

**São Paulo**

**2006**

À minha família,  
À minha namorada,  
E aos amigos e colegas,  
Pelo apoio e carinho fornecidos gratuitamente,  
E sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Reinaldo Pacheco da Costa pelos inúmeros conselhos e sugestões dados ao longo de sua dedicada orientação.

Aos meus colegas de trabalho e de faculdade pelos ensinamentos e apoio. Aos professores do Departamento de Engenharia de Produção por todo o conhecimento que nos foi transmitido.

À minha família, à minha namorada e aos meus amigos por todo o apoio, carinho e amizade que me foram fornecidos ao longo de minha formação pessoal, profissional e acadêmica.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram com a execução deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho realiza um estudo de viabilidade econômica da produção de biodiesel no Brasil. O biodiesel já se provou uma fonte alternativa de energia bastante atraente do ponto de vista ambiental, mas apesar do mercado brasileiro de biodiesel encontrar-se, atualmente, em ascensão, este mercado também demonstra incertezas acerca da viabilidade econômica da produção de biodiesel.

Este trabalho apresenta uma ferramenta que possibilita realizar análises relativas às questões econômicas da produção de biodiesel, considerando-se as incertezas deste mercado. O modelo de Simulação de Monte Carlo foi aplicado para se determinar o valor presente líquido do investimento em uma usina de biodiesel na Região de Ribeirão Preto, no Brasil. A aplicação se deu partir de estimativas e distribuições de probabilidade para as variáveis formadoras do fluxo de caixa da empresa. Os resultados mostram que para os parâmetros considerados, a viabilidade econômica não está garantida, com riscos ainda significativos para o empreendimento.

## ABSTRACT

*This work performs an economical feasibility analysis on the biodiesel production in Brazil. The biodiesel has already proven to be a remarkable alternative source of energy considering environmental aspects, but despite the present bullish trend status on the Brazilian biodiesel market, there are many uncertainties surrounding the economical viability of biodiesel production.*

*The work presents a tool that permits to accomplish an economical feasibility analysis on the biodiesel production considering the market uncertainties. The Monte Carlo Simulation model has been used in order to determinate the net present value of a biodiesel plant investment at the Ribeirao Preto Region, in Brazil. The model has also been used considering projections and probability distributions for the variables which affect the company's cash flow. The results have attested that in view of the specified constraints, the economical feasibility is uncertain, by way of still considerable risk of collapsing.*

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	I
RESUMO .....	II
<i>ABSTRACT</i> .....	III
SUMÁRIO.....	IV
LISTA DE FIGURAS .....	VI
LISTA DE GRÁFICOS.....	VII
LISTA DE TABELAS .....	VIII
LISTA DE EQUAÇÕES .....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	X
1. Introdução.....	1
1.1    A Empresa .....	2
1.2    O Estágio .....	2
1.3    Objetivo do Trabalho.....	3
1.4    Organização do Trabalho.....	3
2. Referencial Teórico .....	5
2.1    Valor Presente Líquido.....	5
2.2    Simulação de Monte Carlo .....	8
2.3    Otimização da Alocação de Recursos .....	11
2.4    Conceitos de Estatística.....	12
3. O Biodiesel .....	14
3.1    Produção de Biodiesel .....	14
3.2    Definição das Matérias-Primas.....	20
3.3    Mercado de Biodiesel no Brasil.....	25
3.4    Legislação .....	27
4. Localização .....	30
4.1    O Estado de São Paulo .....	30
4.2    Regiões Administrativas.....	30
4.3    Região Escolhida .....	35
5. Definição do Modelo .....	38
5.1    O Modelo de Análise.....	38
5.2    Modelo de Simulação .....	40

5.3	Definição das Variáveis Probabilísticas .....	42
5.4	Variáveis do Modelo .....	46
6.	Levantamento de Informações .....	49
6.1	Cálculo do Investimento Inicial.....	49
6.2	Cálculo das Entradas de Caixa .....	50
6.3	Cálculo das Saídas de Caixa.....	53
6.4	Taxa de Desconto .....	60
6.5	Cotação do Dólar .....	64
6.6	Quadro Resumo .....	64
6.7	Custo de Produção do Biodiesel.....	65
7.	Aplicação do Modelo .....	67
7.1	Cálculo do VE .....	67
7.2	Geração dos VEs .....	68
7.3	Valor da empresa vs. Investimento inicial.....	68
7.4	Valor Esperado e Risco do Projeto.....	69
7.5	Análise de Sensibilidade.....	70
8.	Conclusões.....	74
8.1	Resultados Obtidos .....	74
8.2	Validade dos Resultados.....	74
8.3	Conclusão Final .....	75
8.4	Sugestões Para Futuros Trabalhos .....	75
9.	Referências Bibliográficas.....	77
	Apêndice A – Algoritmo para Geração de VEs no <i>Microsoft Excel</i> .....	80
	Apêndice B – Resultados para o cálculo do VE – 2007 a 2011 .....	81
	Apêndice C – Resultados para o cálculo do VE – 2012 a 2016 .....	82
	Anexo A – Legislação .....	83

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Estrutura do custo médio e ponderado de capital .....	7
Figura 2.2: Simulação do VE .....	9
Figura 3.1: Cadeia produtiva .....	15
Figura 3.2: Processo de produção do biodiesel .....	16
Figura 3.3: Eficiência do processo .....	19
Figura 3.4: Balanço de massa da usina.....	20
Figura 3.5: Produção de oleaginosas no Brasil .....	22
Figura 4.1: Divisões regionais do Estado de São Paulo .....	37
Figura 5.1: Detalhamento do modelo de simulação do VPL.....	41

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1: Cotações: petróleo vs. diesel .....	43
Gráfico 6.1: Estimativas da cotação do barril de petróleo.....	51
Gráfico 6.2: Evolução da cotação do barril de petróleo .....	51
Gráfico 6.3: Evolução das cotações dos óleos de soja e amendoim.....	55
Gráfico 6.4: Evolução da cotação do óleo A .....	56
Gráfico 6.5: Fator vs. Proporção de óleo de soja.....	57
Gráfico 6.6: Estimativas da cotação do etanol .....	58
Gráfico 6.7: Evolução da cotação do etanol .....	59
Gráfico 7.1: Fluxo de caixa descontado .....	67
Gráfico 7.2: Freqüência dos valores da empresa .....	68
Gráfico 7.3: Freqüência do VE – área de viabilidade econômica .....	69
Gráfico 7.4: Nova estimativa da cotação do barril de petróleo .....	71
Gráfico 7.5: Freqüência do VE com alteração da cotação esperada .....	71
Gráfico 7.6: Freqüência do VE com desvio-padrão alterado .....	72
Gráfico 8.1: Distribuições de probabilidade normal para o valor da empresa .....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Geração de distribuição através de números aleatórios.....	10
Tabela 3.1: Comparação das rotas etílica e metílica .....	21
Tabela 3.2: Produção de óloes vegetais no Brasil .....	21
Tabela 3.3: Características das matérias-primas.....	24
Tabela 3.4: Capacidade instalada .....	26
Tabela 3.5: Especificações do biodiesel.....	29
Tabela 4.1: Regiões administrativas do Estado de São Paulo .....	33
Tabela 5.1: Quadro resumo das variáveis do estudo .....	46
Tabela 6.1: Investimento inicial .....	49
Tabela 6.2: Fator de decisão .....	56
Tabela 6.3: Consumo das utilidades e insumos.....	60
Tabela 6.4: Outras despesas .....	60
Tabela 6.5: Custo da dívida .....	62
Tabela 6.6: Custo de capital próprio.....	63
Tabela 6.7: Estimativa da cotação R\$/US\$ .....	64
Tabela 6.8: Dados de entrada (2007 a 2011) .....	64
Tabela 6.9: Dados de entrada (2012 a 2016) .....	65
Tabela 6.10 :Custo de produção do biodiesel.....	65
Tabela 6.11: Formação do custo do biodiesel .....	66

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 2.1: Cálculo das entradas de caixa operacionais.....	5
Equação 2.2: Cálculo do lucro antes do imposto de renda.....	6
Equação 2.3: Cálculo das entradas de caixa operacionais.....	6
Equação 2.4: Cálculo do valor da empresa.....	8
Equação 2.5: Distribuição normal de probabilidade .....	10
Equação 2.6: Inverso da distribuição normal no <i>Microsoft Excel</i> .....	10
Equação 2.7: Desvio-padrão de um portfólio composto por dois ativos.....	11
Equação 2.8: Média dos retornos de um ativo.....	12
Equação 2.9: Desvio-padrão dos retornos de um ativo .....	12
Equação 2.10: Correlação dos retornos entre dois ativos .....	13
Equação 3.1: Reação química do processo de produção do biodiesel.....	17
Equação 5.1: Preço do biodiesel em US\$.....	43
Equação 5.2: Cotação do óleo A .....	45
Equação 6.1: Preço da glicerina .....	52
Equação 6.2: Cálculo da cotação do óleo A .....	55
Equação 6.3: Custo médio e ponderado de capital.....	63
Equação 7.1: Cálculo de $z$ .....	69

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BM&F	Bolsa de Mercadorias & Futuros
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CBOT	<i>Chicago Board of Trade</i>
CMePC	Custo médio e ponderado de capital
DER	Departamento de Estradas e Rodagem
IN	Investimento inicial
LAIR	Lucro antes do imposto de renda
LAJIR	Lucro antes do juros e do imposto de renda
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
TJLP	Taxa de juros de longo prazo
VE	Valor da empresa
VPL	Valor presente líquido

## 1. Introdução

Este trabalho apresentará a viabilidade econômica de um projeto de investimento destinado à produção de biodiesel no interior do Estado de São Paulo, no Brasil. Tal análise de viabilidade será realizada aplicando-se a Simulação de Monte Carlo com o objetivo de definir o valor presente líquido esperado para o investimento.

Tendo em vista as diversas disputas e o evidente poder econômico e político vinculados à produção e extração de petróleo, cada vez mais são realizados estudos sobre energia de biomassa. A atual dependência do mundo globalizado em relação ao petróleo, seu crescente preço de mercado – que tem batido recordes em 2006 – e as discussões sobre substituição do petróleo e utilização de fontes de energia renováveis, são alguns fatores que contribuem para o crescente interesse na biomassa.

O Brasil possui 8,5 milhões de quilômetros quadrados e apresenta um solo extremamente rico e útil para a agricultura. De acordo com o Ministério da Agricultura (2006), “(...) o agronegócio é responsável por 33% do Produto Interno Bruto (...”). A cana-de-açúcar é cultivada no país desde a época da colonização, e hoje representa um exemplo de utilização da biomassa como fonte de energia. De acordo com dados divulgados pelo Ministério da Agricultura (2006), em 2003/2004 o Brasil produziu 14,4 bilhões de litros de álcool, as exportações do mesmo estão cada vez maiores, e cada tonelada de cana tem o potencial energético de 1,2 barril de petróleo, tendo a produção de álcool a partir da cana representado significativa parcela na economia brasileira.

Neste contexto, o biodiesel é apresentado como uma fonte de energia renovável e não poluente, que pode ser utilizado em substituição ao óleo diesel para motores à explosão, por oferecer um produto limpo e que serve como alternativa para eventuais oscilações abruptas na cotação do petróleo. O Brasil, que conta com um setor Agroindustrial extremamente desenvolvido, é apontado como potencial produtor de biodiesel, sempre considerado em diversos seminários como possível fornecedor global de biodiesel nos próximos anos. O Governo Federal criou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel com o objetivo de introduzir o mesmo na matriz energética brasileira.

O biodiesel também representa um substituto ambientalmente melhor em relação ao petróleo. Entretanto, todos os dados relativos ao potencial econômico desse mercado são

baseados em projeções e estimativas do consumo e cotação do petróleo e das *commodities*<sup>1</sup> que servem de matéria-prima para seu processo produtivo. Este trabalho propõe a aplicação da Simulação de Monte Carlo conforme proposta por Gitman (2002) para se analisar a viabilidade econômica de um projeto de implantação de uma usina de biodiesel no interior do Estado de São Paulo.

### **1.1 A Empresa**

Este trabalho foi realizado junto a uma instituição financeira internacional de grande reputação e tradição que apresenta como principal área de negócio a gestão de capital de terceiros. Como uma das maiores instituições financeiras do mundo, acumula experiência ao longo de seus 140 anos como líder em volume de ativos sob gestão. O banco oferece soluções de investimentos nos mais variados mercados e apresenta uma série de alternativas de carteira, com o intuito de atender às exigências e preferências de seus clientes.

Utilizou-se a *expertise* oferecida pela instituição em projeções e análises do mercado de *commodities*, para se realizar um estudo de viabilidade econômica adequado à visão de mercado da empresa.

### **1.2 O Estágio**

Quando este trabalho foi realizado, o autor estagiava na instituição financeira junto a qual o estudo foi desenvolvido. O estágio, na área de Produtos e Serviços para clientes de alta renda, envolve o desenvolvimento de soluções de investimento que sirvam como alternativa de investimento para os clientes, ou que atendam às necessidades específicas de um ou mais clientes. Além disso, o estágio envolve a construção e análise de portfólios de investimento, assim como o gerenciamento de carteiras.

Tendo em vista o contexto bastante motivador para a realização de projetos destinados à produção do biodiesel, e o estágio que atualmente é realizado pelo autor deste trabalho em banco provedor de soluções de investimento para clientes de alta renda, realizou-se este trabalho.

---

<sup>1</sup>Ayres (1993) definiu *commodities* como ativos reais ou ativos financeiros ou ainda índices que possam ser padronizados com a finalidade de serem negociados nas bolsas de futuros.

### **1.3 Objetivo do Trabalho**

O mercado de biodiesel encontra-se em ascensão e apresenta elevado potencial de crescimento da demanda. O próprio Governo Federal definiu que essa demanda será, no mínimo, 5% do consumo brasileiro de óleo diesel.

Tendo em vista que as principais matérias-primas e o próprio produto final do processo produtivo do biodiesel são *commodities*, pode-se estimar que as receitas e despesas da usina de biodiesel, caso não haja outras despesas significativas, serão predominantemente influenciadas pelas cotações dessas *commodities*. Isso significa que o lucro esperado para uma usina de biodiesel é função das cotações esperadas para essas *commodities*. Da mesma forma, a variabilidade desse lucro estará sujeita às oscilações nos preços dessas *commodities*. Sendo assim, a viabilidade econômica da produção de biodiesel é função das cotações esperadas para as principais matérias-primas do processo produtivo, assim como o produto final.

Com base nesses fatores, propõe-se a aplicação de um modelo de análise que contemple: cotação esperada para as matérias-primas e para os produtos finais, e a variabilidade dessas cotações. Um modelo interessante para se analisar a viabilidade econômica de projetos é o do valor presente líquido (VPL). No entanto, esse modelo permite apenas uma análise determinística, a partir de dados estáticos. Isto significa considerar que as despesas e receitas da empresa são conhecidas e possuem baixa variabilidade. Visando aplicar o modelo a partir de uma abordagem probabilística para as receitas e despesas da usina, propõe-se utilizar a Simulação de Monte Carlo na determinação do valor presente líquido da empresa. A simulação permitirá que se analisem as incertezas em relação às receitas e despesas.

Ao final deste estudo, espera-se obter uma distribuição de probabilidade para o valor presente líquido esperado de uma usina de produção de biodiesel. Com base na distribuição gerada a partir dos dados fornecidos pelo banco de investimentos, espera-se que seja comprovada, ou não, a viabilidade econômica da produção de biodiesel.

### **1.4 Organização do Trabalho**

Este trabalho é organizado da seguinte forma.

O Capítulo 1 apresenta o tema do trabalho a ser desenvolvido, descrevendo os fatores motivacionais que desencadearam a elaboração deste estudo, o estágio e a empresa junto a qual o estudo foi desenvolvido e os objetivos do trabalho.

O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico descrevendo os métodos de análise e variáveis que farão parte deste estudo de viabilidade econômica assim como todos os conceitos que serão utilizados ao longo do trabalho. Os principais conceitos envolvidos são o do valor presente líquido, Simulação de Monte Carlo, otimização de portfólios e alguns conceitos estatísticos.

No Capítulo 3 o biodiesel é apresentado e cadeia produtiva, processo produtivo e as matérias-primas envolvidas. Além disso, são abordados os aspectos legais do mercado de biodiesel e algumas definições básicas do investimento objeto deste estudo. O mercado brasileiro de biodiesel também é abordado neste capítulo.

O Capítulo 4 evidencia os principais argumentos que levaram a definição da região proposta para a implantação da fábrica. Adicionalmente, apresenta algumas principais características dessa região.

No Capítulo 5 define-se o modelo proposto pelo autor para se avaliar a viabilidade econômica do projeto. Em função do modelo são definidas as variáveis do estudo.

O Capítulo 6 apresenta um levantamento de informações que farão parte da análise e serão utilizadas na aplicação do modelo. As variáveis já foram definidas ao decorrer do Capítulo 5. No Capítulo 6 constam diversas considerações e pesquisas que tiveram por objetivo justificar os valores atribuídos a cada uma das variáveis deste estudo.

O Capítulo 7 apresenta a aplicação do modelo proposto. A partir dos métodos de análise e dos dados definidos, o modelo foi aplicado e os resultados e análises estão apresentadas neste Capítulo.

O Capítulo 8 representa o fechamento do trabalho. Oferecem análises do trabalho, contendo conclusões e recomendações para futuros trabalhos, que eventualmente serão desenvolvidos a partir do tema aqui proposto.

O Capítulo 9 apresenta as referências bibliográficas.

Ao final do documento constam os Apêndices e Anexos que fazem parte deste trabalho.

## 2. Referencial Teórico

Neste capítulo serão definidos os conceitos e ferramentas que serão utilizados ao longo deste estudo de viabilidade econômica.

### 2.1 *Valor Presente Líquido*

A técnica do valor presente líquido (VPL) segundo Gitman (2002, p.329) é considerada uma “(...) técnica sofisticada de análise de orçamentos de capital (...).” Nesta técnica descontam-se os fluxos de caixa esperados da empresa a uma taxa específica de desconto.

Para se definir o valor de mercado de uma empresa, é importante que se calcule “(...) o valor presente dos fluxos de caixa livre futuros da empresa (...)” afirmaram Martin e Petty (2000, p.51). Sendo assim, quando se avalia o fluxo de caixa esperado de qualquer projeto de implantação de uma empresa, está se avaliando o valor da empresa (VE).

#### 2.1.1 Fluxo de caixa esperado

Como visto anteriormente, o fluxo de caixa esperado do projeto é uma das formas para determinação do valor da empresa. Para a determinação desse fluxo, analisaremos os fluxos de caixa relevantes do projeto dividido por Gitman (2002) em três componentes principais: o investimento inicial, entradas de caixa operacionais e o fluxo de caixa residual.

- 1. Investimento inicial.** Este é a saída de caixa ocorrida no instante zero para a implementação do investimento proposto e, portanto, não entrará no fluxo de caixa esperado, visto que já representa o investimento inicial com o qual será comparado ao valor da empresa.
- 2. Entradas de caixa operacionais.** De acordo com Gitman (2002, p.294), as entradas de caixa operacionais são dadas pelas “(...) estimativas de receitas de vendas, despesas e depreciação associadas ao ativo em uso e ao novo ativo (...)” e são “(...) as entradas de caixa incrementais após o imposto de renda (...).” A Equação 2.1 apresentada a seguir demonstra o cálculo das entradas de caixa operacionais.

$$ECO = LAJIR - Imposto\ de\ Renda + Depreciação$$

Equação 2.1: Cálculo das entradas de caixa operacionais.      Fonte: Gitman (2002)

Onde,

ECO: Entrada de caixa operacional;

LAJIR = Receita – Despesas – Depreciação;

Imposto de Renda = LAIR x (alíquota de imposto);

LAJIR: Lucro antes de juros e imposto de renda.

A Equação 2.2 apresenta o cálculo do lucro antes do imposto de renda, ou seja, já subtraída as despesas com juros.

$$\text{LAIR} = \text{LAJIR} - \text{Despesas financeiras}$$

Equação 2.2: Cálculo do Lucro antes do imposto de renda. Fonte: Gitman (2002).

Onde,

LAIR: Lucro antes do imposto de renda.

**3. Fluxo de caixa residual.** Este será o fluxo de caixa relevante resultante da liquidação do investimento de longo prazo ao final de sua vida. Como exemplo, temos a venda de um equipamento que já fora integralmente depreciado e ainda pode ser vendido a R\$ 100,00. Seu valor residual é igual a R\$ 100,00.

Portanto, o fluxo de caixa esperado para um investimento é dado pela soma das entradas de caixa operacionais e do fluxo de caixa residual do projeto.

### 2.1.2 Taxa de desconto

A taxa de desconto é a taxa de retorno que a empresa precisa obter sobre seus investimentos para apresentar atratividade do ponto de vista financeiro, ou seja, “(...) a taxa de retorno que a empresa precisa obter sobre seus investimentos para manter o valor de mercado de suas ações (...)”, conforme definido por Gitman (2002, p.329). Sendo assim, definiremos a taxa específica de desconto como sendo o custo médio ponderado de capital (CMePC), que reflete o custo de financiamento a longo prazo da empresa. Esse custo é definido por Gitman (2002) conforme Equação 2.3 apresentada a seguir.

$$k_a = (w_i \times k_i) + (w_p \times k_p) + (w_s \times k_{r \text{ ou } n})$$

Equação 2.3: Cálculo das entradas de caixa operacionais. Fonte: Gitman (2002).

Onde,

$w_i$ : proporção de empréstimo a longo prazo na estrutura de capital;

$w_p$ : proporção de ações preferenciais na estrutura de capital;

$w_s$ : proporção de ações ordinárias na estrutura de capital;

$$w_i + w_p + w_s = 1,0.$$

Adaptando-se o modelo apresentado por Gitman (2002) ao estudo de viabilidade econômica de uma empresa, pode-se ilustrar a determinação do custo médio e ponderado de capital conforme apresentado na Figura 2.1.

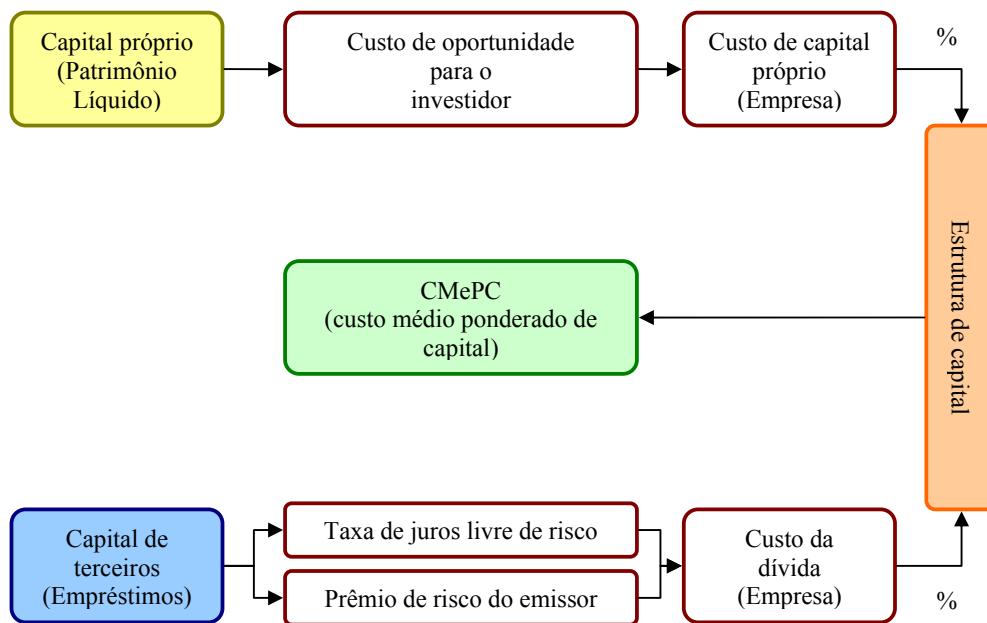


Figura 2.1: Estrutura do custo médio e ponderado de capital.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se que a taxa específica de desconto será dada pelo custo médio ponderado de capital, o qual é função da estrutura do capital da empresa. Este, por sua vez, pode ser oriundo de capital próprio (custo de oportunidade para o investidor) ou de empréstimos de terceiros (custo de captação).

### 2.1.3 Valor da empresa

O valor da empresa conforme definido por Martin e Petty (2000) deriva da equação do valor presente líquido. Adaptando-se a equação apresentada por Gitman (2002), tem-se a Equação 2.4 apresentada a seguir, definindo o valor da empresa.

$$VE = \sum_{t=1}^n \frac{FCE_t}{(1+k)^t}$$

Equação 2.4: Cálculo do valor da empresa.

Fonte: Gitman (2002).

Onde,

VE: valor da empresa;

FCE<sub>t</sub>: fluxo de caixa esperado;

k: custo médio ponderado de capital;

t: período no tempo;

n: horizonte de investimento.

Ao final deste estudo, apresentamos o resultado para o valor da empresa VE. O investimento inicial (IN) é o fluxo de caixa que ocorre no instante t = 0, ou seja, o emprego de capital para se obter os fluxos de caixas esperados. Com base nos valores de VE e IN pode-se concluir se o projeto é ou não viável do ponto de vista econômico. Têm-se as seguintes conclusões possíveis:

- Se **VE > IN**, então o projeto é economicamente **viável**.
- Se **VE < IN**, então o projeto é economicamente **inviável**.

## 2.2 Simulação de Monte Carlo

A aplicação de métodos de simulação consiste em gerar números aleatórios que sigam uma distribuição de probabilidade específica. Tal técnica, definida por Winston (1993), é também conhecida como Simulação de Monte Carlo. Adicionalmente, as simulações permitirão que diversas análises de sensibilidade sejam realizadas para se confirmar a viabilidade econômica do projeto.

### 2.2.1 Simulação do VE

A simulação do VE consiste em estimar quais serão os fluxos de caixa esperados para um determinado projeto e a partir deles gerar simulações para o valor presente líquido do investimento. Neste estudo de viabilidade econômica, a simulação de Monte Carlo será empregada com o intuito de estimar quais serão os fluxos de caixa esperados durante a vida útil da usina produtora de biodiesel e, consequentemente, qual o valor financeiro desta usina.

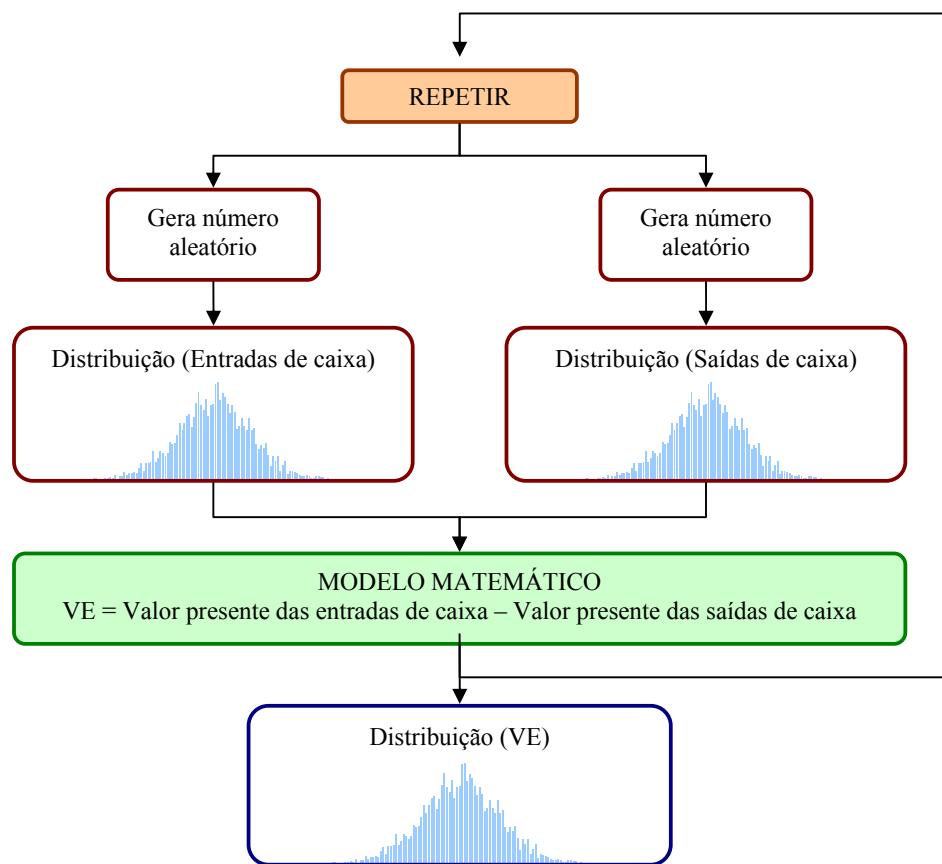


Figura 2.2: Simulação do VE.

Fonte: Gitman (2002).

De posse dessas informações será possível realizar comparações do valor da empresa com o investimento inicial para assim tomar conclusões relativas à viabilidade econômica do projeto. Tal proposta de simulação do VE foi apresentada por Gitman (2002) no modelo matemático esquematizado na Figura 2.2.

### 2.2.2 Gerando valores seguindo uma distribuição de probabilidade

A simulação de Monte Carlo pode ser utilizada para gerar dados baseados em números aleatórios e distribuições de probabilidade específicas. Conforme apresentado por Winston (1993), um exemplo para se prever valores dada uma distribuição está apresentada na Tabela 2.1.

Valor	Probabilidade	Probabilidade Acumulada	Número Aleatório
1	20%	20%	00-19
2	30%	50%	20-49
3	35%	85%	50-84
4	15%	100%	85-99

Tabela 2.1: Geração de distribuição através de números aleatórios.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tendo em vista os dados da Tabela 2.1, a partir de uma série de números aleatórios se consegue simular a geração dos valores 1, 2, 3, 4 seguindo uma distribuição de probabilidade pré-estabelecida.

No caso específico deste estudo, consideraremos uma distribuição de probabilidade normal, ou seja, que siga a Equação 2.5 apresentada a seguir.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \text{ onde } -\infty < x < \infty$$

Equação 2.5: Distribuição normal de probabilidade.

Fonte: Sharpe (1998).

Onde,

$f(x)$ : densidade de probabilidade;

$\mu$ : média;

$\sigma$ : desvio-padrão;

$\pi_t$ : pi.

No *Microsoft Excel* (versão em Português) tal distribuição pode ser gerada utilizando-se a função *INV.NORM()*, que retorna o inverso da distribuição cumulativa normal para a média e o desvio-padrão especificados, parametrizada conforme apresentado na Equação 2.6.

$$=\text{INV.NORM}(\text{probabilidade}; \text{média}; \text{desvio-padrão})$$

Equação 2.6: Inverso da distribuição normal no *Microsoft Excel*.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Onde,

INV.NORM(): função inverso da distribuição cumulativa normal no *Microsoft Excel*;

probabilidade: probabilidade correspondente à distribuição normal;

média: média aritmética da distribuição;

desvio-padrão: desvio-padrão da distribuição.

Para se gerar valores aleatórios no *Microsoft Excel* seguindo uma distribuição normal, basta que se utilize a função *INV.NORM()* utilizando os seguintes parâmetros:

- Probabilidade: valor de 0 a 1, que pode ser gerado utilizando-se números aleatórios, os quais podem ser obtidos através da função *ALEATÓRIO()* no *Microsoft Excel*;
- Média: é a média ou resultado esperado para a variável sob análise;
- Desvio-padrão: é o desvio-padrão do valor que se deseja gerar.

Sendo assim, para o estudo em questão, a simulação de Monte Carlo poderá ser gerada no *Microsoft Excel* para simular os fluxos de caixa esperados utilizando-se as médias, desvios-padrão desses fluxos e as funções *ALEATÓRIO()* e *INV.NORM()*. Posteriormente determinaremos os valores da média e do desvio-padrão a serem utilizados.

### 2.3 Otimização da Alocação de Recursos

O efeito diversificação apresentado por Markowitz (1952) demonstra a redução no risco de um determinado portfólio em decorrência das correlações entre os ativos que o compõem. A Equação 2.7 demonstra o cálculo do desvio-padrão de um portfólio composto por dois ativos, em função dos desvios-padrão da série de retornos de cada um dos ativos, da correlação existente entre esses retornos, e da proporção de cada um dos ativos na carteira.

$$\sigma_T = \sqrt{X_A^2 \cdot \sigma_A^2 + X_B^2 \cdot \sigma_B^2 + 2 \cdot X_A \cdot X_B \cdot \sigma_A \cdot \sigma_B \cdot \rho_{A,B}}$$

Equação 2.7: Desvio-padrão de um portfólio composto por dois ativos.

Fonte: Sharpe (1998).

Onde,

$X_A$ : Proporção do ativo A;  $X_B$ : Proporção do ativo B;

$\sigma_A$ : Desvio-padrão das variações do ativo A;  $\sigma_B$ : Desvio-padrão das variações do ativo B;

$\rho_{A,B}$ : Correlação entre as variações dos ativos A e B.

Conforme se percebe, quanto maior for a correlação entre os ativos, maior será o desvio-padrão resultante da carteira. Sendo assim, quando se optimiza a alocação de recursos, busca-se maximizar o retorno do portfólio para o menor risco possível. Há um índice definido por Sharpe (1998) que mede o risco ajustado ao retorno e é extremamente reconhecido. O mesmo é conhecido como Índice de Sharpe.

## 2.4 Conceitos de Estatística

A seguir estão apresentados alguns conceitos de estatística que serão necessários ao longo da elaboração deste estudo.

### 2.4.1 Cálculo da média

A média de uma série de retornos pode ser calculada como apresentado na Equação 2.8, a seguir.

$$\mu_A = \sum_{i=1}^n \frac{r_i}{n}$$

Equação 2.8: Média dos retornos de um ativo.

Fonte: Sharpe (1998).

Onde,

$\mu_A$ : média da série de retornos do ativo A;

$r_i$ : retorno do ativo A no i-ésimo retorno;

n: quantidade de retornos no período analisado.

### 2.4.2 Cálculo do desvio-padrão

A média de uma série de retornos pode ser calculada conforme a Equação 2.9, a seguir.

$$\sigma_A = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(r_i - \mu_A)^2}{n-1}}$$

Equação 2.9: Desvio-padrão dos retornos de um ativo.

Fonte: Sharpe (1998).

Onde,

$\sigma_A$ : desvio-padrão da série de retornos do ativo A;

$r_i$ : retorno do ativo A no  $i$ -ésimo retorno;

$\mu_A$ : média da série de retornos do ativo A;

$n$ : quantidade de retornos no período analisado;

#### 2.4.3 Cálculo da correlação entre dois ativos

A correlação entre duas séries de retornos pode ser calculada como apresentado na Equação 2.10, a seguir.

$$\rho_{A,B} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (r_{A_i} - \mu_A) \cdot (r_{B_i} - \mu_B)}}{\sigma_A \cdot \sigma_B}$$

Equação 2.10: Correlação dos retornos entre dois ativos.      Fonte: Sharpe (1998).

Onde,

$\rho_{A,B}$ : correlação entre as séries de retornos dos ativos A e B;

$\sigma_A$ : desvio-padrão da série de retornos do ativo A;  $\sigma_B$ : desvio-padrão da série de retornos do ativo B;

$r_{Ai}$ : retorno do ativo A no  $i$ -ésimo retorno;  $r_{Bi}$ : retorno do ativo B no  $i$ -ésimo retorno;

$\mu_A$ : média da série de retornos do ativo A;  $\mu_B$ : média da série de retornos do ativo B;

$n$ : quantidade de retornos no período analisado.

Este Capítulo apresentou os conceitos que serão aplicados ao longo deste estudo. A Simulação de Monte Carlo será aplicada para se avaliar a viabilidade econômica da produção de biodiesel a partir da técnica do valor presente líquido, conforme proposto por Gitman (2002).

Com o objetivo de se aplicar o modelo, serão definidas algumas variáveis utilizando-se conceitos de estatística e técnicas de otimização de alocação de recursos seguindo os conceitos apresentados por Markowitz (1952).

### **3. O Biodiesel**

Conforme descrito no inciso XXV do artigo 6º da Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005 o biodiesel é um “(...) biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil”.

#### ***3.1 Produção de Biodiesel***

A produção do biodiesel utiliza como principais matérias-primas o óleo vegetal, um álcool (que pode ser etanol ou metanol) e um catalisador que pode ser hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio. Para a produção do óleo vegetal podem ser utilizadas diversas matérias-primas orgânicas, como soja ou mamona. Da mesma forma, o etanol pode ser produzido a partir da cana-de-açúcar. Sendo assim, as principais matérias-primas para a produção do biodiesel podem ser plantadas em território brasileiro, e com os devidos cuidados, sem prejuízos ao meio ambiente. Para cada litro de óleo vegetal utilizado se produz cerca de um litro de biodiesel, conforme será visto adiante.

Um importante aspecto com relação ao óleo vegetal refere-se ao fato de não haver restrições quanto à utilização de óleos já desperdiçados, como restos de frituras. Isso apresenta mais um atrativo para a produção do biodiesel do ponto de vista ambiental – há possibilidade de reciclagem do óleo de cozinha, que é integralmente desperdiçado nos dias atuais. Mesmo sendo possível prever a inviabilidade da reciclagem de todo o óleo vegetal consumido no Brasil, claramente se nota que há necessidade de maiores esforços no sentido de redução do desperdício e contribuição para o desenvolvimento sustentável.

##### **3.1.1 Cadeia Produtiva**

O fluxograma apresentado na Figura 3.1 a seguir demonstra a cadeia produtiva do biodiesel e permite que observemos as três esferas dessa cadeia: agroindustrial; industrial; e comercialização e distribuição.

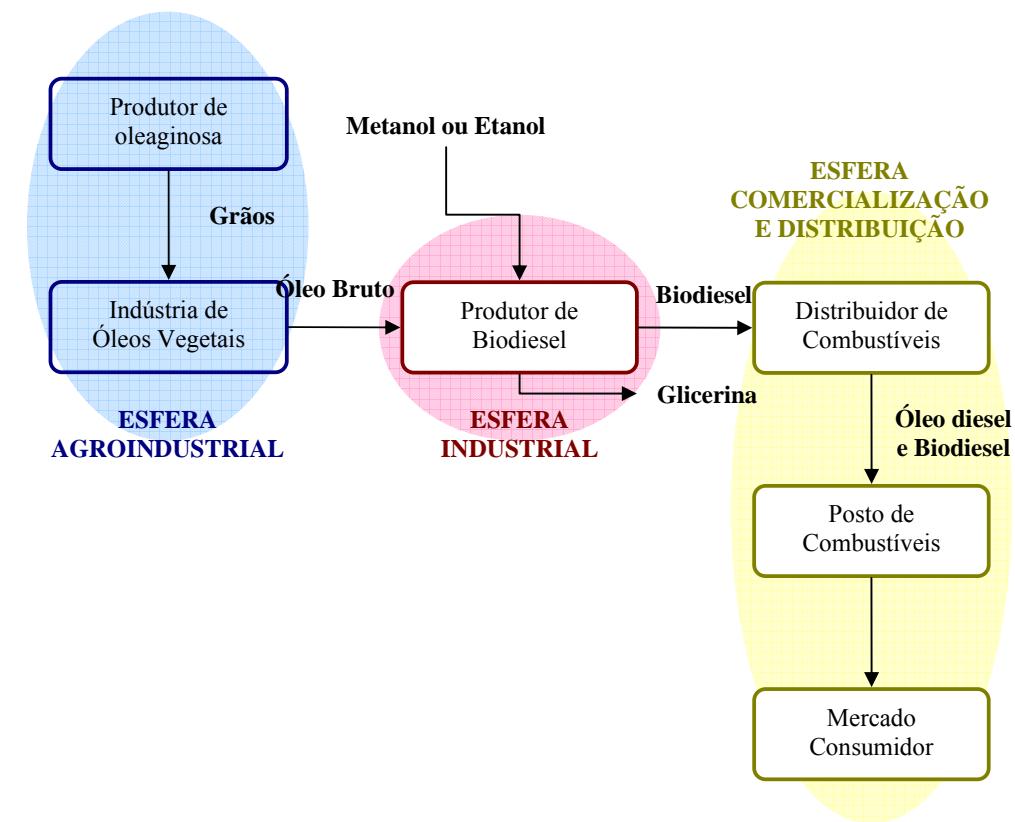


Figura 3.1: Cadeia produtiva.

Fonte: Vecchio (2005).

Este estudo de viabilidade econômica visa analisar apenas a esfera industrial, ou seja, a produção do biodiesel na ótica industrial – a usina de biodiesel. Portanto, os problemas com relação a insumos e produtos na cadeia produtiva do biodiesel, neste trabalho, limitar-se-ão à obtenção de óleo bruto e metanol ou etanol, e à venda de biodiesel e glicerina. Ou seja, esta é uma análise de viabilidade econômica de uma usina de biodiesel partindo-se do óleo vegetal.

### 3.1.2 Processo Produtivo

Neste tópico, o objetivo é apresentar o processo de fabricação do biodiesel na esfera industrial, bem como os diferentes insumos, catalisadores e resultados desse processo.

O processo se inicia a partir da matéria-prima principal, uma oleaginosa que deve ser preparada a fim de se obter o óleo vegetal. Neste estudo será desconsiderada a etapa de preparação da matéria-prima, pois se está analisando a viabilidade econômica da produção de biodiesel a partir do óleo vegetal.

Em paralelo à etapa de preparação da matéria-prima se faz uma mistura catalítica composta por um catalisador (hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio) e um álcool (etílico ou metílico). O óleo vegetal e a mistura catalítica são então carregados em um recipiente fechado onde ocorre a reação de transesterificação.

Como resultado dessa reação obtém-se uma mistura de glicerina e biodiesel, a qual será separada por meio de um processo de decantação. Têm-se então as fases leve e pesada, conforme ilustrado na Figura 3.2.

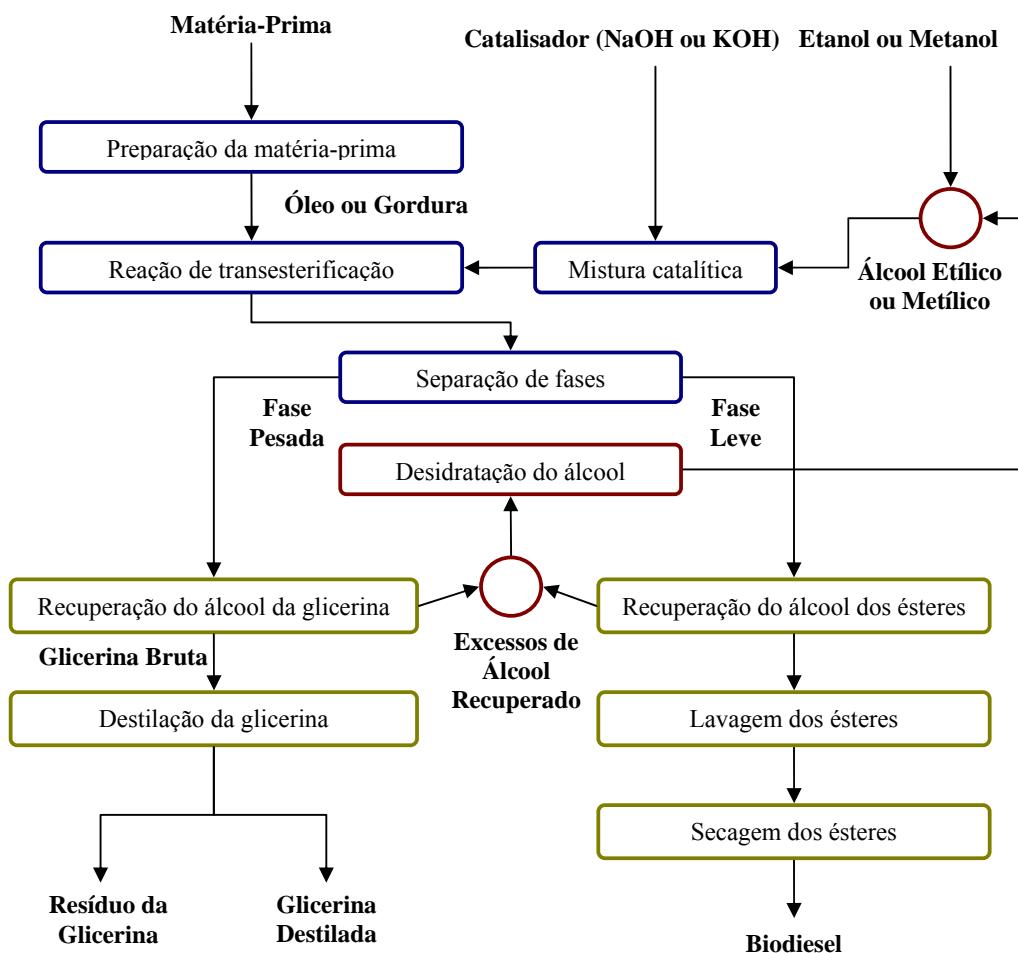


Figura 3.2: Processo de produção do biodiesel.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ambos os produtos obtidos do processo de separação das fases possuem álcool em excesso, o qual deve ser separado com o objetivo de se recuperá-lo e reutilizá-lo no processo produtivo. Uma vez removido o álcool da glicerina e do éster, ocorrem os processos de

destilação da glicerina e separação e secagem do éster. Os produtos obtidos são o biodiesel e glicerina (residual e destilada).

### 3.1.3 Descrição das Etapas do Processo Produtivo

#### 3.1.3.1 Mistura catalítica

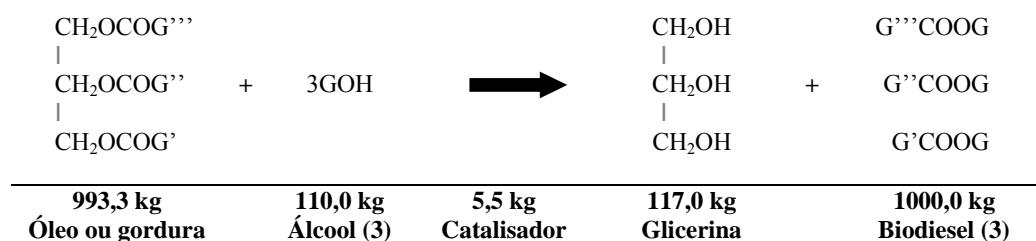
Esta etapa reflete a mistura entre o álcool (metanol ou etanol) e o catalisador (hidróxido de sódio ou potássio). O catalisador é dissolvido no álcool como o uso de um agitador ou misturador padrão.

É importante ressaltar que os procedimentos referentes à preparação da matéria-prima para a sua conversão em biodiesel visam criar as melhores condições para a efetivação da reação de transesterificação, com a máxima taxa de conversão. As especificidades do tratamento dependem da natureza e condições da matéria graxa empregada como matéria-prima, ou seja, da oleaginosa utilizada.

#### 3.1.3.2 Reação de transesterificação

A mistura catalítica é carregada em um recipiente fechado onde o óleo ou gordura será adicionado. O sistema é então completamente lacrado e a reação se dá na temperatura de ebulição do álcool (entre 72°C e 78°C) para que esta seja agilizada. Utiliza-se álcool em excesso e o tempo da reação varia entre 1 e 8 horas.

A Equação 3.1 apresentada a seguir reflete a equação atribuída à reação química que ocorre no processo de fabricação do biodiesel, ou seja, a reação de transesterificação.



Equação 3.1: Reação química do processo de produção do biodiesel.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme se nota a partir da reação química ilustrada, cem gramas de óleo ou gordura reagem com dez gramas de álcool em presença de um grama de catalisador. O álcool (metanol ou etanol) é carregado em excesso para agilizar o processo e no esquema está representado

por GOH. O catalisador (KOH ou NaOH) é misturado ao álcool. G', G'' e G''' indicam os ácidos graxos associados ao óleo ou gordura utilizados.

De acordo com a *National Biodiesel Board* (2006), esta reação catalítica se prova a melhor alternativa econômica pelas seguintes razões:

- Baixas temperatura (65°C) e pressão (20 psi) de processamento;
- Alta convertibilidade (98%) com baixo tempo de reação;
- Conversão direta em éster metílico, sem estágios intermediários;
- Não há necessidade de materiais de construção exóticos.

### 3.1.3.3 Separação de fases

A glicerina e o biodiesel resultantes da reação de transesterificação possuem uma significativa quantidade de álcool em excesso. Tendo em vista que a glicerina é muito mais pesada que o biodiesel, temos aqui a separação em duas fases: leve e pesada. As fases são separadas simplesmente em um processo de decantação e vazão da glicerina pelo inferior do recipiente. Há ainda a possibilidade de se agilizar o processo com a utilização de uma centrífuga.

### 3.1.3.4 Recuperação do álcool

Após a separação das fases leve e pesada, um processo de evaporação simples ou destilação deve ser utilizado para se separar o álcool em excesso tanto da glicerina como do biodiesel. Esse álcool pode ser então reutilizado no processo.

### 3.1.3.5 Destilação da glicerina

O processo de destilação da glicerina bruta produzida pode ser utilizado para produzir glicerina de alta pureza. Esta pode ser comercializada, principalmente para indústrias farmacêuticas.

### 3.1.3.6 Lavagem e secagem dos ésteres

O biodiesel que foi separado da glicerina pode ser lavado com água quente em um processo de purificação que visa remover catalisador ou sabão formado. O biodiesel é então seco e armazenado em sua cor amarelada e viscosidade próxima à do óleo diesel.

### 3.1.4 Aspectos Importantes do Processo Produtivo

De acordo com normas divulgadas pela ASTM<sup>2</sup>, os aspectos de maior importância no processo de produção do biodiesel, para que se garanta melhor operação dos motores a diesel que utilizarão esse produto são os seguintes:

- Reação completa;
- Remoção da glicerina;
- Remoção do catalisador;
- Remoção do álcool;
- Ausência de ácidos livre de gordura.

A partir dos fatores definidos como mais importantes no processo produtivo, é importante ressaltar que num eventual processo de controle da qualidade, seria interessante monitorar as etapas do processo responsáveis por cada um dos procedimentos listados. Isso seria um dos passos no intuito de se garantir a qualidade do biodiesel produzido.

### 3.1.5 Eficiência do Processo

Uma característica de bastante importância inerente ao processo produtivo do biodiesel é que praticamente não há desperdícios. O esquema apresentado a seguir na Figura 3.3 ilustra o fato de que os níveis de entrada do processo são similares aos níveis de saída. Isso também será avaliado a partir de uma análise do balanço de massa da usina.

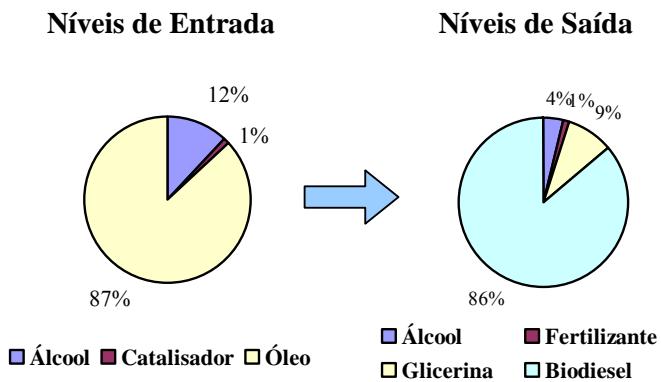


Figura 3.3: Eficiência do processo.

Fonte: *National Biodiesel Board (2006)*.

<sup>2</sup> A ASTM International é uma organização voluntária internacional que desenvolve e produz normas técnicas para materiais, produtos, sistemas e serviços.

### 3.1.6 Balanço de Massa da Usina de Biodiesel

A partir do que foi visto, a esfera industrial da cadeia produtiva do biodiesel representa o processo de transformação de óleo vegetal em biodiesel. Por isso, o balanço de massa de uma usina de biodiesel é composto pela entrada de óleo vegetal, álcool e catalisador; e pela saída de glicerina e biodiesel. A Figura 3.4 ilustra esse balanço.

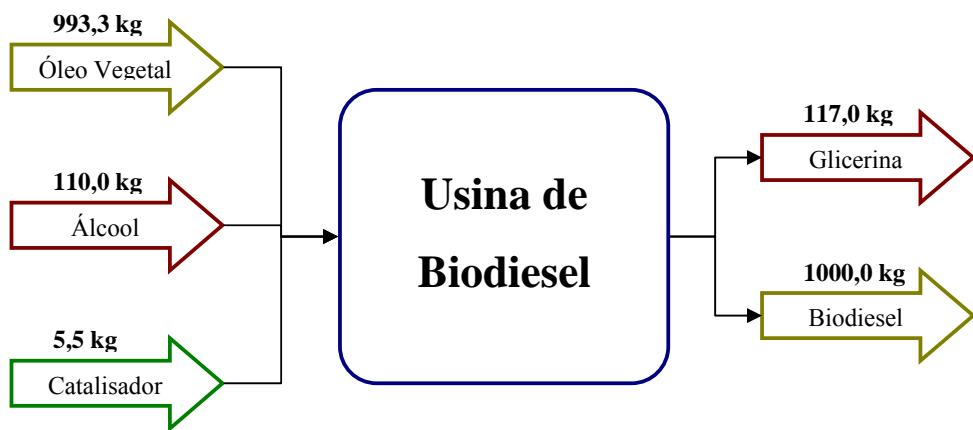


Figura 3.4: Balanço de Massa da Usina.

Fonte: Vecchio (2003).

## 3.2 Definição das Matérias-Primas

Conforme já visto, as principais matérias-primas para a produção de biodiesel são óleos vegetais (gordura animal, óleos e gorduras residuais) e o álcool (etílico ou metílico). Óleos vegetais e gorduras são basicamente compostos de triglicerídeos, ésteres de glicerol e ácidos graxos. No óleo de soja, o ácido predominante é o ácido oléico; no óleo de babaçu, o laurídico; e no sebo bovino, o ácido esteárico. Os tópicos apresentados a seguir têm por objetivo apresentar as alternativas de matérias-primas.

### 3.2.1 Etanol ou Metanol

Como é possível perceber a partir da Figura 2.2 já apresentada, há a possibilidade de utilização tanto do álcool etílico como do álcool metílico na reação de transesterificação do éster. Visando apresentar as vantagens e desvantagens da utilização de cada um desses álcoois e tomar uma decisão relativa a qual desses deverá ser utilizado na aplicação das análises deste estudo, a Tabela 3.1, a seguir, apresenta uma comparação das rotas etílica e metílica nesse processo produtivo.

Quantidades e Condições Usuais Médias Aproximadas	Rotas de Processo	
	Metílica	Etílica
Quantidade consumida de álcool por 1.000 litros de biodiesel	90 kg	130 kg
Excesso recomendável de álcool, recuperável, por destilação	100%	650%
Temperatura recomendada de reação	60°C	85°C
Tempo de reação	45 minutos	90 minutos
Fonte produtiva primária	Petróleo	Biomassa
Preço médio do álcool, US\$/kg	190	360

Tabela 3.1: Comparação das rotas etílica e metílica.

Fonte: Parente (2003).

O álcool etílico apresenta desvantagens em dois aspectos: custo de aquisição e eficiência da reação. No entanto, quando se compara os aspectos econômicos em termos de custo total, isto, é, custo de aquisição somado ao custo de transporte, o etanol apresenta vantagem significativa. Isso ocorre, pois o Brasil é grande produtor de álcool etílico, principalmente no Estado de São Paulo. Além disso, o etanol apresenta vantagem ambiental, pois o mesmo é obtido a partir da biomassa e não de fontes não-renováveis como o álcool metílico.

Tendo em vista a elevada disponibilidade no Brasil, principalmente no Estado de São Paulo, dos aspectos ambientais e dos custos de aquisição e transporte, neste estudo de viabilidade será considerado apenas o álcool etílico como uma das matérias-primas do processo, desprezando-se, portanto, a possibilidade de utilização do álcool metílico.

### 3.2.2 Produção de Óleos Vegetais no Brasil

Conforme visto, os óleos vegetais são a principal matéria-prima no processo de produção de biodiesel. Eles são basicamente compostos de triglicerídeos, ésteres de glicerol e ácidos graxos. Há diversas fontes que podem ser utilizadas para a extração de óleo vegetal. A Tabela 3.2 apresentada a seguir mostra a produção de óleos vegetais no Brasil.

Oleaginosa	Produção Anual (milhões de litros)		Part. % 2004
	2003	2004	
Soja	5.387,0	5.571,0	89,2
Algodão (Caroço)	217,0	268,4	4,3
Palma (Dendê)	129,0	140,0	2,2
Girassol	62,1	74,6	1,2
Milho	55,0	63,6	1,0
Mamona	39,7	60,8	1,0
Colza (Canola)	20,4	22,8	0,4
Amendoim	21,8	21,8	0,3
Palmiste	14,5	15,8	0,3
Linhaça	2,0	2,1	0,0
Coco	1,9	1,9	0,0
<b>Total</b>	<b>5.950,4</b>	<b>6.242,8</b>	<b>100,0</b>

Tabela 3.2: Produção de óleos vegetais no Brasil.

Fonte: Mielke (2003).

Conforme se nota a partir da tabela, o óleo de soja apresenta bastante representatividade na produção nacional de óleo vegetal. Cerca de 90% de todo o óleo produzido no Brasil é proveniente da soja. A segunda oleaginosa mais utilizada no país para a produção de óleo vegetal é o caroço de algodão, mas representa apenas 4,3% desse mercado. Em menor escala de produção aparecem os óleos provenientes de diversas outras oleaginosas: palma, milho, mamona, colza, amendoim, etc.

Considerando-se as diversas possibilidades de matérias-primas utilizáveis na produção do óleo vegetal – principal insumo para a produção do biodiesel – a Figura 3.5 apresentada a seguir ilustra a distribuição geográfica do potencial brasileiro para o plantio de oleaginosas.

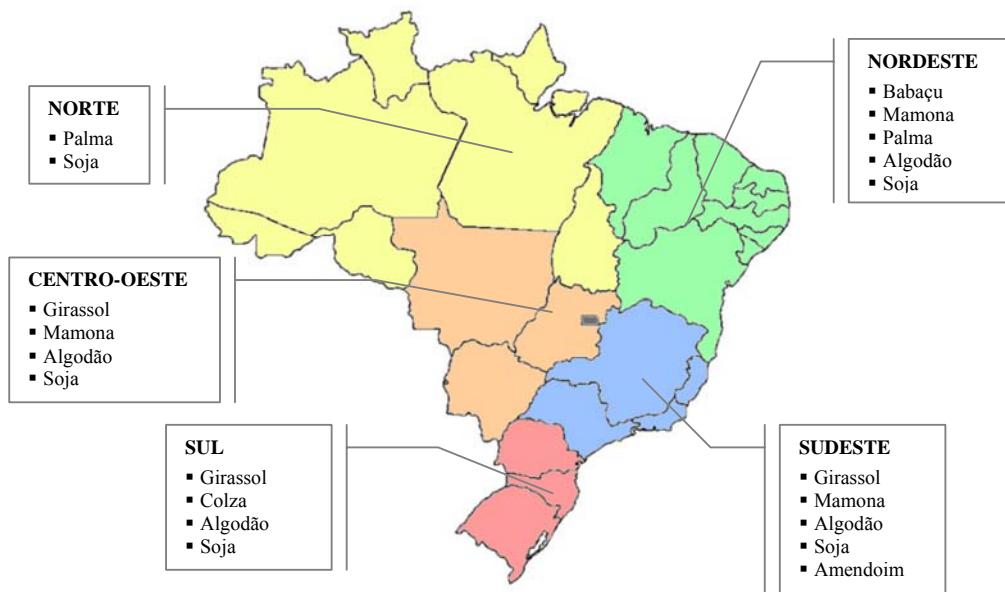


Figura 3.5: Produção de oleaginosas no Brasil.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da figura, nota-se que a soja está presente em todo o território nacional e que o Brasil apresenta uma grande disponibilidade de oleaginosas. A Região Sudeste apresenta uma variada disponibilidade de oleaginosas: girassol, mamona, algodão, soja e amendoim. Apenas palma, babaçu e colza não são cultivadas na Região.

### 3.2.3 Principais oleaginosas

Tendo em vista a imensa variabilidade de oleaginosas no Brasil, e a disponibilidade das mesmas no Estado de São Paulo (Região Sudeste), descreveremos a seguir algumas características das principais fontes de extração do óleo vegetal.

### 3.2.3.1 Algodão

De acordo com dados publicados pela Mielke (2003), em 2003 foram produzidas cerca de 3,3 milhões de toneladas de algodão no Brasil, com uma representatividade de cerca de 4,3% na produção brasileira de grãos.

Teixeira (2005) argumenta que o algodão para produção de óleo vegetal tem sido utilizado em maior intensidade nas Regiões Nordeste e Central e gera em média 18,5% de óleo – com base na produção média de 1.950 kg por hectare de algodão, e produz cerca de 361 kg de óleo por hectare. O nome científico é *Gossypium hirsutum* e a cotação do algodão no mercado futuro para contratos com vencimento em 2 meses gira em torno de US\$ 0,55 / lb<sup>3</sup> de acordo com dados disponíveis na Reuters (2006) – o preço do óleo de algodão é de aproximadamente R\$ 0,95 / litro.

### 3.2.3.2 Amendoim

A produção de óleo de amendoim no Brasil em 2004 foi cerca de 21,8 milhões de litros de acordo com Mielke (2003), o que representa cerca de 0,3% da produção nacional de óleo vegetal. Com o nome científico de *Arachis hipogea*, a oleaginosa apresenta rendimento de 45% e gera em torno de 800kg de óleo vegetal para cada hectare quando cultivado utilizando-se água. No mercado à vista, o óleo de amendoim está sendo negociado no mercado chinês a US\$ 1.023,00 por tonelada de acordo com dados da Bloomberg (2006), o que equivale a US\$ 0,4640 por libra.

### 3.2.3.3 Girassol

No Brasil se produz cerca de 400 mil toneladas de girassol por ano conforme dados apresentados por Mielke (2003). O estudo de Teixeira (2005) mostra que tendo em vista o alto teor protéico de sua torta oleosa e a possibilidade de plantação consorciada com outras culturas, o cultivo de girassol é altamente recomendado para regiões onde a pecuária leiteira, suinocultura e avicultura são praticadas em larga escala

A planta apresenta o nome científico *Helianthus annuus* e, segundo Teixeira (2005), gera em torno de 33% de óleo. Isso significa uma produção de 700 kg/hectare.

---

<sup>3</sup> lb: libra – 12,5 toneladas = 27.557,50 libras.

### 3.2.3.4 Mamona

A mamona foi selecionada pelo governo para primeira escolha para projetos relacionados com a agricultura familiar. Apresenta o nome científico *Ricinus communis* e com um teor de 47% de óleo gera 470 kg de óleo por hectare.

### 3.2.3.5 Soja

A soja tem no Brasil uma representatividade de 89% sobre a produção nacional de oleaginosas. Em 2004, de acordo com dados publicados pela Mielke (2003), foram produzidas cerca de 55 milhões de toneladas de soja. A soja é a principal *commodity* disponível no país e é responsável por uma significativa parcela nas exportações do país. Com o biodiesel isso deve se intensificar.

O grão de soja tem como nome científico *Glycine max* e apresenta um teor de óleo de aproximadamente 20%, o que gera, em média, a 560 kg de óleo por hectare da oleaginosa de acordo com Mielke (2003). A cotação da soja no mercado futuro para contratos com vencimento em 2 meses, divulgada pela Reuters (2006), gira em torno de US\$ 0,1345 / lb, e o óleo de soja comercializado gira em torno de R\$ 0,85 / litro de acordo com Teixeira (2005). No mercado futuro, a cotação do óleo de soja cotado na CBOT (*Chicago Board of Trade*) foi divulgada pela Bloomberg (2006) a US\$ 0,2494 / lb para contratos de primeiro vencimento.

## 3.2.4 Quadro resumo

O quadro a seguir foi extraído da Mielke (2003) e apresenta uma visão geral a respeito de cada uma das matérias-primas anteriormente apresentadas, contendo dados relativos à produtividade de cada uma delas.

Matéria-prima	Produt. (kg/ha)	Teor de óleo (%)	Rend. óleo vegetal (kg/ha)	Rend. biodiesel (kg/ha)	Rend. biodiesel (litros/ha)
Amendoim – água	1.750	45	788	829	931
Amendoim – seca	1.250	45	563	592	665
Caroço de algodão	1.900	19	361	380	427
Girassol – verão	1.800	44	792	834	937
Girassol – safrinha	1.300	44	572	602	677
Mamona	1.000	47	470	495	556
Soja	2.800	20	560	589	662

Tabela 3.3: Características das matérias-primas.

Fonte: Mielke (2003).

A partir da tabela é possível observar que, apesar de o caroço de algodão apresentar uma das maiores produtividades em termos de quilograma por hectare, devido ao seu baixo

teor de óleo, ele possui o menor rendimento de biodiesel por hectare da planta. Da mesma forma, a soja possui teor de óleo bastante inferior à maioria das oleaginosas, mas devido a seu significativo rendimento no plantio, torna possível a produção de quantidades de biodiesel por hectare superiores à mamona e ao algodão, e equivalentes ao amendoim (seca) e ao girassol (safrinha).

### ***3.3 Mercado de Biodiesel no Brasil***

A Lei nº 11.097 de 13 de Janeiro de 2005 estabelece a inserção do biodiesel na matriz energética brasileira, e fixa em 5% o volume mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final. Definiu-se o prazo de oito anos após a publicação dessa Lei para a aplicação do disposto, bem como um prazo de três anos para que haja ao menos um volume mínimo de 2% de biodiesel no óleo diesel. Isso significa que tais imposições vigorarão a partir de 13 de Janeiro de 2008 e 13 de Janeiro de 2013, respectivamente.

De acordo com dados publicados pela Agência Nacional de Petróleo (2006a), com base em dados de março de 2006, no Brasil são consumidos cerca de 38 bilhões de litros de óleo diesel por ano, sendo a Região Sudeste responsável por mais de 40% desse consumo. Ainda segundo a ANP, a capacidade autorizada para produção anual de biodiesel no país é de 84 milhões de litros, dos quais apenas 22 milhões seriam produzidos na Região Sudeste – nas cidades de Cássia em Minas Gerais e Catanduva em São Paulo. Sendo assim, percebe-se que aos níveis atuais de capacidade de produção, seria possível adicionar apenas 0,22% de volume de biodiesel ao óleo diesel, e para que se atinjam os demandados 5% nessa relação, a capacidade produtiva deve ser incrementada em torno de dez vezes até 2008, e vinte e oito vezes até 2013. Isso deixa clara a necessidade de investimentos nessa área e, frente a essa necessidade, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) lançou o Programa de Apoio Financeiro e Investimentos em biodiesel, que visa apoiar investimentos em todas as fases de produção de biodiesel.

No Brasil, atualmente são consumidos cerca de 3,4 bilhões de litros de óleo vegetal por ano, o que equivale a aproximadamente 8,9% do consumo nacional de óleo diesel.

### 3.3.1 Programa Nacional de Produção e Uso do biodiesel

O Programa Nacional de Produção e Uso do biodiesel objetiva a introdução de um novo combustível na matriz energética brasileira a partir de um projeto auto-sustentável, que considera preço, qualidade, garantia do suprimento e uma política de inclusão social.

Conforme afirmações do Presidente da República do Brasil, Luiz Inácio Lula da Silva (2005), ao discursar na cerimônia de posse da nova diretoria da Fiesp em 2005, “(...) este programa tem na minha cabeça o mesmo modelo de desenvolvimento do presidente (norte-americano) Roosevelt no vale do *Tennessee*. Este programa será experimental e, sobretudo, prioritário para as partes das regiões brasileiras que não tiveram nesses cinco séculos possibilidades de se desenvolver, sobretudo o semi-árido nordestino, o Vale do Jequitinhonha. A gente vai começar nessa região com o biodiesel da mamona. Em outra região com o biodiesel do dendê e, quem sabe, quando a gente tiver o mercado todo consumindo biodiesel, a gente inclua a soja para que a gente possa ser o maior produtor de biodiesel no mundo e possa limpar o planeta Terra (...)".

### 3.3.2 Capacidade Instalada

A Tabela 3.4 a seguir apresenta a capacidade instalada para produção de biodiesel no Brasil. Os dados foram extraídos da Agência Nacional de Petróleo e referem-se à situação em que se encontrava o mercado nacional em Outubro de 2005.

Empresa	Local	Capacidade Autorizada	Capacidade Anual Estimada
Soyminas	Cássia/MG	40 (m <sup>3</sup> /dia)	12 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)
Agropalma	Bélem/PA	27 (m <sup>3</sup> /dia)	8,1 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)
Brasil biodiesel	Teresina/PI	2 (m <sup>3</sup> /dia)	0,6 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)
Bolix	Rolândia/PR	30 (m <sup>3</sup> /dia)	9 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)
Brasil biodiesel	Floriano/PI	90 (m <sup>3</sup> /dia)	27 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)
NUTEC	Fortaleza/CE	0,8 (m <sup>3</sup> /dia)	0,24 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)
Fertibom	Catanduva/SP	20 (m <sup>3</sup> /dia)	6 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)
Renobras	Dom Aquino/MT	20 (m <sup>3</sup> /dia)	6 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)
<b>Total</b>		<b>229,8 (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>68,94 (10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/ano)</b>

Tabela 3.4: Capacidade instalada.

Fonte: Agência Nacional do Petróleo (2005).

Com base nos dados de capacidade instalada e no mercado brasileiro de óleo vegetal, nota-se que a partir da reciclagem de 56% de todo o óleo vegetal utilizado seria possível atender a toda a demanda da mistura de óleo diesel e biodiesel que será obrigatória a partir de 2013 – 5% do volume de óleo diesel.

Segundo estudos divulgados pela organização norte-americana *National Biodiesel Board* (2005), o Brasil apresenta potencial para liderar a produção mundial de biodiesel. Isso acarretaria na substituição de 60% da demanda mundial de óleo diesel.

### **3.4 Legislação**

O Programa Nacional de Produção e Uso do biodiesel foi criado pelo Decreto de 23 de dezembro de 2003, e a partir dele foi instituída a Comissão Executiva Interministerial encarregada da implantação das ações direcionadas à produção e ao uso de óleo vegetal - biodiesel como fonte alternativa de energia. Os principais decretos, resoluções e leis que regem o mercado de produção e comercialização do biodiesel em território nacional – e que apresentam maior relevância para a elaboração deste estudo de viabilidade estão listados a seguir e descritos no Anexo A, ao final deste trabalho.

- Decreto de 23 de dezembro de 2003;
- Decreto nº 5.298, de 06 de dezembro de 2004;
- Decreto nº 5.448, de 20 de maio de 2005;
- Decreto nº 5.457, de 06 de junho de 2005
- Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005;
- Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005.
- Resolução ANP nº 41, de 24 de novembro de 2004;
- Resolução ANP nº 42, de 24 de novembro de 2004;
- Resolução ANP nº 31, de 04 de novembro de 2005;

#### **3.4.1 Informações Relevantes**

Analizando-se os decretos, as resoluções e as leis descritas neste documento, e que, portanto, apresentam relação com a produção e comercialização de biodiesel no Brasil, podem-se extrair algumas informações de grande relevância para a elaboração deste estudo de viabilidade econômica. Os principais aspectos tratados referem-se à agência reguladora do mercado de biodiesel, às especificações técnicas do produto e aos aspectos tributários da comercialização do produto.

### 3.4.1.1 Agência Reguladora

A ANP é uma autarquia integrante da Administração Pública Federal, vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Tem por fim promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo e, conforme instituído pela Resolução ANP nº 41/2004, o exercício da atividade de produção de biodiesel necessita obrigatoriamente de autorização da ANP. Isso significa que a usina produtora de biodiesel necessita de aprovação junto à ANP para operar e comercializar o produto final diretamente com a distribuidora de biodiesel.

A ANP define ainda que os produtores e importadores de biodiesel devem obrigatoriamente enviar, com periodicidade mensal, à ANP, resultados de ensaios de qualidade, volumes comercializados e matérias-primas utilizadas e, trimestralmente, enviar dados das análises específicas referenciadas. Dessa forma, para que o biodiesel produzido atenda aos requisitos impostos pela ANP, há a necessidade de que haja um laboratório para testes dentro da fábrica de biodiesel. Além disso, há necessidade de que a empresa possua um químico responsável pela realização desses testes.

### 3.4.1.2 Tributação

Com relação aos aspectos tributários da produção e comercialização do biodiesel temos as seguintes conclusões.

- Não há incidência de IPI – Imposto Sobre Produtos Industrializados – para a produção de biodiesel;
- O PIS/Pasesp incide sobre a receita total resultante da venda de biodiesel à alíquota de R\$ 38,89 por metro cúbico;
- O Cofins incide sobre a receita total resultante da venda de biodiesel à alíquota de R\$ 179,07 por metro cúbico.
- O Imposto de Renda é aplicado sobre o lucro bruto da empresa à alíquota de 15%.

### 3.4.1.3 Especificações Técnicas

Atuando como reguladora do mercado de biodiesel, a ANP definiu as especificações técnicas do biodiesel B100 segundo os padrões do mercado brasileiro. O biodiesel B100 é referente ao produto puro, ou seja, 100% em volume de biodiesel, sem adição de nenhum

outro produto como, por exemplo, óleo diesel. A Tabela 3.5 apresenta essas especificações definidas pela Agência Nacional do Petróleo.

Característica	Unidade	Limite	Método		
			ABNT NBR	ASTM D	ISO
Aspecto	-	LII (1)	-	-	-
Massa específica a 20°C	kg/m <sup>3</sup>	Anotar (2)	7148 14065	1298 4052	-
Viscosidade Cinemática a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	Anotar (3)	10441	445	EM ISO 3104
Água e sedimentos, máx. (4)	%volume	0,050	-	2709	-
Contaminação Total (6)	mg/kg	Anotar	-	-	EM 12662
Ponto de fulgor, mín.	°C	100,0	14598	93	-
Teor de éster (6)	%massa	Anotar	-	-	EN 14103
Destilação: 90% vol. recuperados máx.	°C	360 (5)	-	1160	-
Resíduo de carbono dos 100% destilados, máx.	%massa	0,10	- -	4530 189	EN ISO 10370
Cinzas sulfatadas, máx.	%massa	0,020	9842	874	ISO 3987
Enxofre total (6)	%massa	Anotar	- - -	4294 5453 -	- - EN ISO 14596
Sódio + Potássio, máx.	mg/kg	10	- -	- -	EN 14108 EN 14109

Notas referentes à Tabela 7.1:

- (1) LII – Límpido e isento de impurezas.
- (2) A mistura óleo diesel/biodiesel utilizada deverá obedecer aos limites estabelecidos para massa específica de 20°C constantes da especificação vigente da ANP de óleo diesel automotivo.
- (3) A mistura óleo diesel/biodiesel utilizada deverá obedecer aos limites estabelecidos para viscosidade de 40°C constantes da especificação vigente da ANP de óleo diesel automotivo.
- (4) O método EN ISO 12937 poderá ser utilizado para quantificar a água não dispensando a análise e registro do valor obtido para água e sedimentos pelo método ASTM D 2709 no Certificado de Qualidade.
- (5) Temperatura equivalente na pressão atmosférica.
- (6) Estas características devem ser analisadas em conjunto com as demais constantes da tabela de especificação a cada trimestre civil. Os resultados devem ser enviados pelo produtor de biodiesel à ANP, tomando uma amostra do biodiesel comercializado no trimestre e, em caso de neste período haverem mudança de tipo de matéria-prima, o produtor deverá analisar o número de amostras correspondente ao número de tipos de matérias-primas utilizadas.
- (7) A mistura de óleo diesel/biodiesel utilizada deverá obedecer aos limites estabelecidos para ponto de entupimento de filtro a frio constantes da especificação vigente da ANP de óleo diesel automotivo.
- (8) Os métodos referenciados demandam validação para as oleaginosas nacionais e roda de produção etílica.
- (9) Não aplicáveis para as análises como mono-, di-, triglicerídeos, glicerina livre e glicerina total de palmiste e coco. No caso de biodiesel oriundo de mamona deverão ser utilizados, enquanto não padronizada norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT para esta determinação, os métodos: do Centro de Pesquisas da Petrobrás – CENPES constantes do Anexo B da Resolução nº 42/2004 para glicerina livre e total, mono e diglicerídeos, triglicerídeos.

Tabela 3.5: Especificações do biodiesel.

Fonte: Resolução nº 42/2004 (2004).

## 4. Localização

Este Capítulo apresentará as justificativas para a escolha de uma localização para a implantação da usina de biodiesel, assim como algumas características relevantes desta. A possibilidade de localização desta usina, neste estudo, será restrita ao Estado de São Paulo. A seguir será definida a região proposta para a implantação da usina de biodiesel, a qual será objeto de estudo neste trabalho.

### 4.1 *O Estado de São Paulo*

O Estado de São Paulo possui mais de 40 milhões de habitantes e está dividido em 15 regiões administrativas, as quais serão descritas posteriormente. São Paulo apresenta uma agricultura produtiva e diversificada e, além disso, é o Estado mais industrializado do país – conta com setores de comércio e serviço extremamente desenvolvidos e tem sua capital como o grande centro financeiro da América Latina.

Sob o aspecto da infra-estrutura, o Estado é igualmente desenvolvido. Todas as regiões possuem equipamentos indispensáveis às cidades modernas e têm infra-estrutura completa de comunicação, transporte e suprimento de energia. A malha rodoviária paulista é extremamente extensa e cobre todo o Estado, conectando os centros de produção aos mercados consumidores e aos pontos de exportação. A rede ferroviária não é igualmente desenvolvida, mas corta o Estado de norte a sul. Com relação aos portos paulistas, eles constituem a maior porta de saída da produção brasileira para o mercado internacional e são servidos por diversas linhas internacionais.

### 4.2 *Regiões Administrativas*

Os parágrafos a seguir apresentam descrições acerca de cada uma das Regiões Administrativas definidas pelo Governo do Estado de São Paulo.

#### 4.2.1 Registro

É composta por 14 municípios e possui pequeno peso na economia paulista. Sua economia é baseada no setor primário, tendo o cultivo da banana como o principal produto.

#### 4.2.2 Baixada Santista

Esta região apresenta uma economia diversificada, na qual se destacam a indústria, serviços e o turismo. O principal aspecto desta região é o fato do Município de Santos abrigar

o Porto de Santos, que proporciona a conexão de cargas e passageiros com o resto do Brasil e do mundo.

#### **4.2.3 São José dos Campos**

A região apresenta uma economia bastante importante, tendo o Município de São José dos Campos como uma das regiões mais industrializadas do Estado. Além disso, o turismo é importante para a economia da região, principalmente para as cidades litorâneas que compõem o Litoral Norte paulista. O porto de São Sebastião proporciona conexão de cargas com o resto do Brasil e do mundo.

#### **4.2.4 São Paulo**

A Região Metropolitana de São Paulo caracteriza-se por ser o centro de negócios mais importante do país, contando com uma grande diversidade. O setor financeiro, a indústria, o comércio e os serviços contribuem significativamente para a economia do Estado e do Brasil. Uma vez sendo o principal centro financeiro da América Latina, na cidade de São Paulo estão localizadas a Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa), onde são negociadas as ações das companhias brasileiras, e a Bolsa de Mercadorias e Futuros – a mais importante do Brasil em negócios financeiros.

Um aspecto importante da BM&F, e que será tratado posteriormente, é o fato de que nela serão negociados contratos de créditos de carbono.

#### **4.2.5 Sorocaba**

A indústria e a agricultura dessa região são bastante desenvolvidas. As culturas mais importantes são: batata, feijão, pêssego, tomate, milho, repolho, beterraba, cenoura e cana-de-açúcar.

#### **4.2.6 Marília**

A região responde por 7% da produção agropecuária estadual tendo como destaque a produção de cana-de-açúcar, carne bovina, ovos, milho e soja. No setor industrial destacam-se a fabricação de alimentos e bebidas, e máquinas e equipamentos.

#### **4.2.7 Bauru**

A economia da região de Bauru é bastante diversificada, distribuída entre o parque industrial e o setor agropecuário. A produção de cana-de-açúcar, a pecuária de corte e a

avicultura são responsáveis por cerca de 70% da produção regional. Na indústria, os setores de maior importância são a fabricação de alimentos e bebidas, seguido da produção e refino de petróleo e álcool, preparação e confecção de artefatos de couro, fabricação de máquinas e equipamentos e papel e celulose.

#### **4.2.8 Central**

Os municípios de maior importância na Região Central do Estado são os de São Carlos e Araraquara. Nesta região encontra-se um dos principais pólos de Ciência e Tecnologia do país, tendo como destaque empresas de base tecnológica. No setor agrícola destacam-se dois principais produtos: cana-de-açúcar e laranja.

#### **4.2.9 Ribeirão Preto**

Esta região possui uma excelente base de ensino e pesquisa no setor agronômico, dispõe de mão-de-obra altamente qualificada e uma malha rodoviária que facilita o escoamento da produção para os mercados consumidores. A economia é extremamente próspera e tem como principal destaque a força da agroindústria – a região é a maior produtora mundial de açúcar e álcool. A força das usinas estimula o desenvolvimento de outros setores como o desenvolvimento de máquinas agrícolas e equipamentos, bem como o cultivo e processamento de cana-de-açúcar, soja e amendoim. A indústria de fertilizantes é também bastante desenvolvida, sendo as empresas do ramo farmacêutico bastante importantes para a região.

#### **4.2.10 Franca**

Além do cultivo de cana-de-açúcar e do refino de açúcar e álcool, a Região de Franca possui uma indústria de calçados bastante desenvolvida. As produções de café, carne bovina, soja, milho e leite também têm importância para a economia da região.

#### **4.2.11 Barretos**

A Região de Barretos é caracterizada pelo cultivo de cana-de-açúcar, laranja e soja, criação de gado de corte e pela presença de indústrias relacionadas à pecuária, como por exemplo, frigoríficos.

#### 4.2.12 São José do Rio Preto

A economia industrial da região é uma das menos importantes do Estado, mas tem seu setor agropecuário como um dos mais fortes do país. Na região cultivam-se essencialmente cana-de-açúcar, laranja, carne bovina e leite. Alimentos e bebidas é a atividade industrial de maior peso da região.

#### 4.2.13 Araçatuba

A economia da região é marcada pela importância da agropecuária e pelo bom desempenho da indústria. A atividade que mais agrega valor à economia da região é a fabricação de alimentos e bebidas, seguida da preparação e confecção de artefatos de couro. No setor agropecuário, as principais atividades são a produção de carne bovina, leite e cana-de-açúcar.

#### 4.2.14 Presidente Prudente

A região é grande produtora de carne bovina e uma das principais produtoras de leite do país. As produções de cana-de-açúcar e de ovos também exercem alguma importância econômica para a região, mas o setor industrial é bastante inexpressível.

#### 4.2.15 Quadro Resumo

A Tabela 4.1 apresenta um resumo das regiões administrativas do Estado de São Paulo.

Região	Principais Características		
	Agropecuária	Indústria	Serviços
<b>Registro</b>	O cultivo da banana é o principal produto.	-	-
<b>Baixada Santista</b>	-	Setor petroquímico e siderurgia.	O Porto de Santos proporciona a conexão de cargas com o Brasil e o mundo.
<b>São José dos Campos</b>	-	Uma das regiões mais industrializadas do Estado.	O Porto de São Sebastião proporciona escoamento de produtos para o Brasil e o mundo.
<b>São Paulo</b>	-	Indústria bastante desenvolvida.	Maior centro financeiro e de serviços do país.
<b>Sorocaba</b>	Desenvolvida nas seguintes culturas: batata, feijão, pêssego, tomate, milho, repolho, beterraba, cenoura e cana-de-açúcar.	Indústria desenvolvida.	-

Região	Principais Características		
	Agropecuária	Indústria	Serviços
<b>Marília</b>	Principais produtos: cana-de-açúcar, ovos, milho e soja.	Destaque para fabricação de alimentos e bebidas e máquinas e equipamentos.	-
<b>Bauru</b>	Destaque para a produção de cana-de-açúcar.	Setores de maior importância: fabricação de bebidas e alimentos, refino de petróleo e álcool, couro, máquinas e equipamentos e papel e celulose.	-
<b>Central</b>	Principais produtos: cana-de-açúcar e laranja.	Indústria de base tecnológica.	Um dos principais pólos de Ciência e Tecnologia.
<b>Ribeirão Preto</b>	Elevado cultivo de cana-de-açúcar, soja e amendoim.	Maior produtora mundial de açúcar e álcool. Indústrias de fertilizantes e máquinas e equipamentos desenvolvidas.	Excelente base de ensino e pesquisa no setor agronômico.
<b>Franca</b>	Cultivo de cana-de-açúcar, café, soja e milho.	Refino de açúcar e álcool e indústria de calçados desenvolvida.	-
<b>Barretos</b>	Destaque para a pecuária e o cultivo de cana-de-açúcar, laranja e soja.	Elevada presença de frigoríficos e indústria relacionada à pecuária.	-
<b>São José do Rio Preto</b>	Um dos setores agropecuários mais importantes do país, com destaque para cana-de-açúcar e laranja.	Alimentos e bebidas é o setor de maior peso.	-
<b>Araçatuba</b>	Produção de leite e cana-de-açúcar.	Destaque para fabricação de alimentos e bebidas, e preparação e confecção de artefatos de couro.	-
<b>Presidente Prudente</b>	Uma das principais produtoras de leite e carne bovina do país.	-	-

Tabela 4.1: Regiões administrativas do Estado de São Paulo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme a descrição apresentada, o Estado de São Paulo apresenta agricultura e indústria produtivas e diversificadas. Sob o aspecto de infra-estrutura o Estado apresenta condições totalmente disponíveis para que seja instalada uma fábrica de biodiesel em qualquer uma de suas regiões, assim como uma malha de transportes suficientemente capacitada para proporcionar o escoamento dos insumos e produtos acabados para os diversos mercados consumidores.

Ao analisarmos os insumos necessários para a produção do biodiesel, assim como os produtos resultantes de seu processo produtivo, notamos as seguintes necessidades básicas:

- Necessidade de oleaginosas e óleo vegetal;
- Necessidade de álcool etílico ou metílico;
- Necessidade de Hidróxido de Sódio ou Potássio;
- Mercado consumidor de biodiesel;
- Mercado consumidor de fertilizantes.

Tendo em vista esses fatores básicos, claramente nota-se que a Região de Ribeirão Preto possui diversas vantagens competitivas, o que a torna propícia para a implantação da fábrica.

### **4.3 *Região Escolhida***

Os itens a seguir visam apresentar as principais características da Região de Ribeirão Preto.

#### **4.3.1 *Disponibilidade de Insumos***

Na região estão instaladas diversas usinas de açúcar e álcool, o que a torna a maior produtora mundial desse setor. Sendo assim, a região possui elevada disponibilidade de álcool etílico para o processo de produção do biodiesel.

Devido ao elevado cultivo de cana-de-açúcar e a consequente necessidade de renovação do solo, o cultivo de amendoim e soja é bastante praticado nessa região, o que a torna uma fornecedora potencial de óleo vegetal. Além disso, o elevado desenvolvimento urbano da região possibilitaria uma eventual exploração do mercado de reciclagem de restos de óleo vegetal utilizados na culinária e que atualmente são desperdiçados – isso geraria significativa contribuição para o meio-ambiente.

Tendo em vista a presença de indústrias de maquinários, químicas e farmacêuticas na região, não há grandes dificuldades para a obtenção de algum catalisador (hidróxido de sódio ou potássio), e a própria montagem da planta de fabricação do biodiesel não apresentará empecilhos.

#### **4.3.2 Mercado Consumidor**

A Região de Ribeirão Preto é extremamente desenvolvida, tanto no ponto de vista industrial como agrícola. O uso elevado de tecnologia na região requer maquinários agrícolas extremamente pesados, assim como uma frota de caminhões utilizados para transporte bastante considerável. Considerando o elevado consumo de óleo diesel por esses veículos, o próprio mercado da região é um potencial consumidor de biodiesel.

No processo de produção de biodiesel, há também a produção de glicerina, que pode ser utilizada como fertilizante e indústrias farmacêuticas. A Região de Ribeirão Preto apresenta elevada demanda por fertilizantes e nela estão instaladas diversas empresas do setor farmacêutico. A região apresenta, portanto, potenciais consumidores de glicerina.

Caso a demanda do mercado regional não seja suficiente para o consumo da produção da fábrica, a malha rodoviária que atende a região possibilita o escoamento dos produtos para plataformas de exportação – o Porto de Santos e o Porto de São Sebastião. A Figura 4.1 apresenta um mapa da divisão do Estado de São Paulo em Regiões Administrativas, a malha rodoviária e destaca a Região de Ribeirão Preto e os portos de Santos e São Sebastião.

Como é possível notar, apesar dos fretes para transporte dos produtos até os pontos de escoamento apresentarem relevância, dada a distância em torno de 400 km do ponto de produção, a malha rodoviária possibilita fácil escoamento do produto.

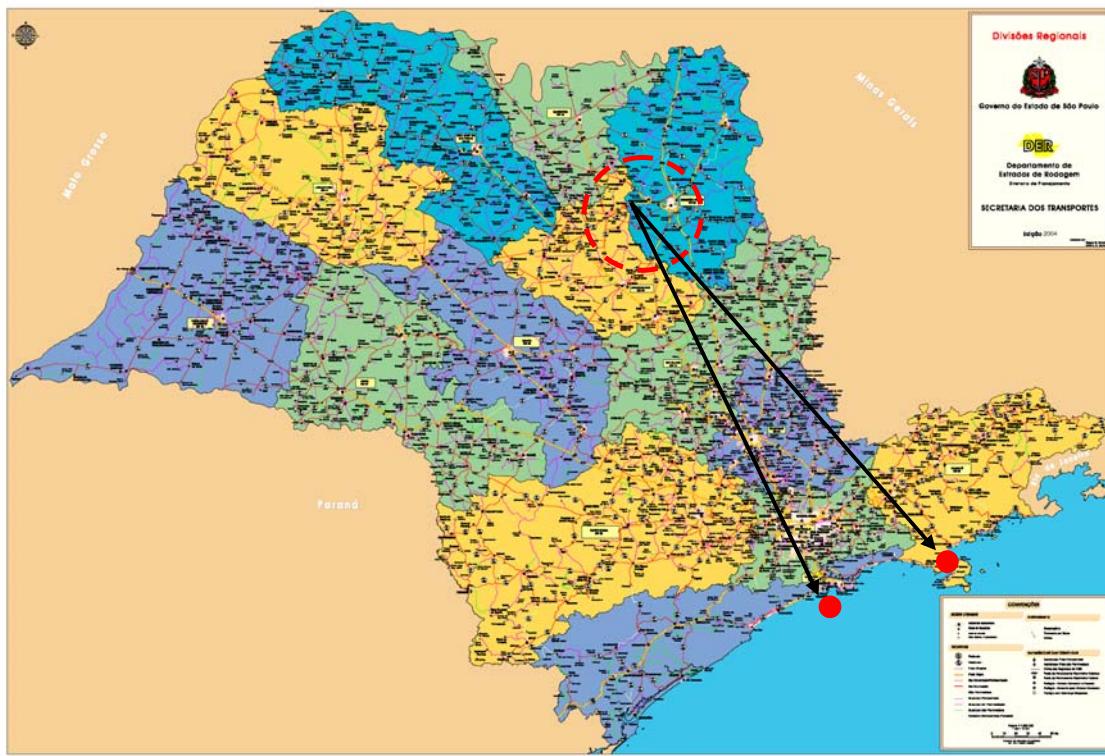


Figura 4.1: Divisões Regionais do Estado de São Paulo. Fonte: Departamento de Estradas e Rodagem (2005).

A partir da Figura 4.1 nota-se que há facilidade para o escoamento de produtos da Região de Ribeirão Preto (destacada no círculo pontilhado) para os Portos de Santos e São Sebastião (destacados nos círculos cheios).

#### 4.3.3 Outras Considerações

Na Região de Ribeirão Preto há 25 municípios e sua população é predominantemente urbana (97%). Além disso, ela possui uma excelente base de ensino e pesquisa, contando com quatro grandes unidades de ensino e pesquisa.

- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – Unesp;
- Universidade de São Paulo – Campus de Ribeirão Preto;
- Centro de Aquicultura – Unesp;
- Colégio Técnico Agrícola de José Bonifácio – Unesp.
- Tendo em vista os fatores apresentados, pode-se concluir que há disponibilidade abundante de mão-de-obra com alta qualificação profissional na Região de Ribeirão Preto.

## 5. Definição do Modelo

Este capítulo tem por objetivo apresentar o modelo de análise de viabilidade econômica proposto neste estudo. Ele será baseado na metodologia de análise por fluxo de caixa descontado, no qual se estimará o valor presente líquido dos fluxos de caixa descontados da empresa.

Tendo em vista que os insumos e os produtos resultantes do processo produtivo do biodiesel são *commodities* com preços variáveis, que os mesmos seguem distribuições de probabilidade específicas e, considerando que não há dados passados suficientes para se estimar os fluxos de caixa esperados de uma empresa que comercializa biodiesel, propõe-se aplicar uma simulação com o intuito de se avaliar o VPL da empresa. A aplicação de uma simulação permitirá gerar uma distribuição de probabilidade para o valor presente líquido da empresa, o que permite melhor avaliação da viabilidade econômica do projeto. A proposta divide o cálculo do valor da empresa (VE) em duas etapas:

- O primeiro passo consiste na montagem do fluxo de caixa da empresa, ou seja, calculá-lo baseando-se em dados estáticos de cada uma das variáveis que influenciam nesse fluxo: entradas e saídas de caixa, e taxa de desconto.
- O segundo passo consiste em aplicar a simulação de Monte Carlo com o objetivo de se gerar diversos VEs para o projeto, baseando-se numa abordagem probabilística para as entradas e saídas de caixa. Isso significa considerar as distribuições das saídas e entradas de caixa para se gerar os VEs a serem comparados com o investimento inicial (IN).

A Figura 2.2, ilustrada no Capítulo 2, apresenta um esquema do modelo de simulação do VPL que será aplicado neste capítulo para se determinar o valor da empresa (VE).

### 5.1 O Modelo de Análise

O modelo proposto será aplicado em duas etapas.

- Será criada uma planilha utilizando-se o *Microsoft Excel* na qual serão imputados todos os dados e cálculos do modelo (utilizando-se, inclusive, números aleatórios). Isso significa definir as despesas, receitas, o lucro líquido da empresa e as entradas e saídas de caixa operacionais. A partir dos fluxos de caixa operacionais e da taxa de

desconto (CMePC), se definirão os fluxos de caixa descontados para, assim, se chegar ao VPL gerado pelo investimento. Essa etapa consiste no cálculo do VE.

- A segunda etapa consiste na utilização da planilha para se gerar diversos dados simulados para o VPL. Ou seja, repetir-se-á inúmeras vezes o procedimento descrito na Figura 5.1, a fim de se obter valores para a empresa (VEs). Essa etapa consiste na geração dos VEs.

### 5.1.1 Cálculo do VE

A planilha gerada no *Microsoft Excel* que efetua o cálculo do VE apresentará os seguintes dados principais:

- Ano: ano a que se referem as informações;
- Operação: dados de operação da usina;
- Balanço patrimonial: apresenta resumidamente a composição patrimonial da empresa;
- Dados estimados: apresenta todos os dados que foram utilizados a partir de estimativas, conforme será definido posteriormente.
- Números aleatórios: são os números aleatórios que variam de 0 a 1 e foram gerados com o objetivos de se gerar os dados simulados;
- Dados calculados: são os dados simulados a partir dos números aleatórios (sempre se considerando distribuições normais) e os dados calculados a partir do referencial teórico já apresentado.
- Despesas e Receitas: são as despesas e receitas operacionais da usina no ano corrente já considerando eventuais transformações de unidade<sup>4</sup>;
- Resultado anual: nele se consideram as receitas, despesas, juros e imposto para calcular o lucro líquido contábil;
- Fluxo de caixa anual: utiliza as entradas e saídas de caixa operacionais, a depreciação e a taxa de desconto para se calcular os fluxos de caixa descontados – estes dados somados representam o VE.

---

<sup>4</sup> As densidades do biodiesel e do etanol são de 0,8771 g/cm<sup>3</sup> e 0,7900 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente.

### 5.1.2 Geração dos VEs

A partir da definição da composição básica das receitas e despesas que exercem influência no fluxo de caixa da usina produtora de biodiesel, propõe-se aplicar um modelo de simulação baseado na geração de distribuições probabilísticas para alguns dos componentes desse fluxo de caixa.

Tendo em vista que o próprio biodiesel, o etanol e o óleo vegetal que serão produzidos e utilizados no processo produtivo são os principais formadores do fluxo de caixa da empresa, e que os mesmos apresentam cotações com grande variabilidade e uma série de estimativas geradas pelo mercado, a proposta é gerar distribuições para as cotações dessas *commodities*.

A partir de uma planilha desenvolvida no *Microsoft Excel* para realizar o cálculo do VE, propõe-se gerar uma distribuição para esse VE. Uma vez que os resultados calculados pela planilha serão função de números aleatórios, basta que se repita inúmeras vezes o procedimento de cálculo desse VE e que os resultados obtidos sejam gravados, de forma que se possa gerar uma distribuição do valor presente líquido esperado para o projeto. A partir dos resultados, será possível realizar conclusões.

## 5.2 *Modelo de Simulação*

O modelo de simulação tem como requisito básico a presença de variáveis probabilísticas. A partir da definição da distribuição de probabilidades dessas variáveis, é possível se realizar inúmeras simulações com o intuito de se analisar os resultados. A Figura 5.1, apresentada a seguir, ilustra o processo de simulação proposto para se analisar a viabilidade econômica deste projeto.

### 5.2.1 Esquema

O esquema ilustrado na Figura 5.1 parte de cinco estimativas básicas para as seguintes cotações: petróleo, glicerina, óleo vegetal, etanol e inflação. Como as estimativas das cotações do petróleo, óleo vegetal e etanol serão considerados probabilísticos, há a necessidade de se definir a função de distribuição de probabilidade que melhor se adequar a cada um deles.

A partir dos dados já definidos, e da geração de números aleatórios, se definem os preços do petróleo, óleo vegetal, etanol, glicerina e demais despesas para cada um dos anos do horizonte de investimento analisado. Com isso, são gerados valores para as entradas e saídas de caixa e utilizando-se uma taxa de desconto, pode-se calcular o valor da empresa.

Esse processo é repetido inúmeras vezes a fim de se considerar todos os valores possíveis para as variáveis probabilísticas, baseando-se nas distribuições já consideradas. Com isso, espera-se obter uma distribuição de probabilidade para o valor da empresa (VE), a partir do qual se tomarão conclusões relativas à viabilidade econômica do projeto. A Figura 5.1 a seguir ilustra o modelo.

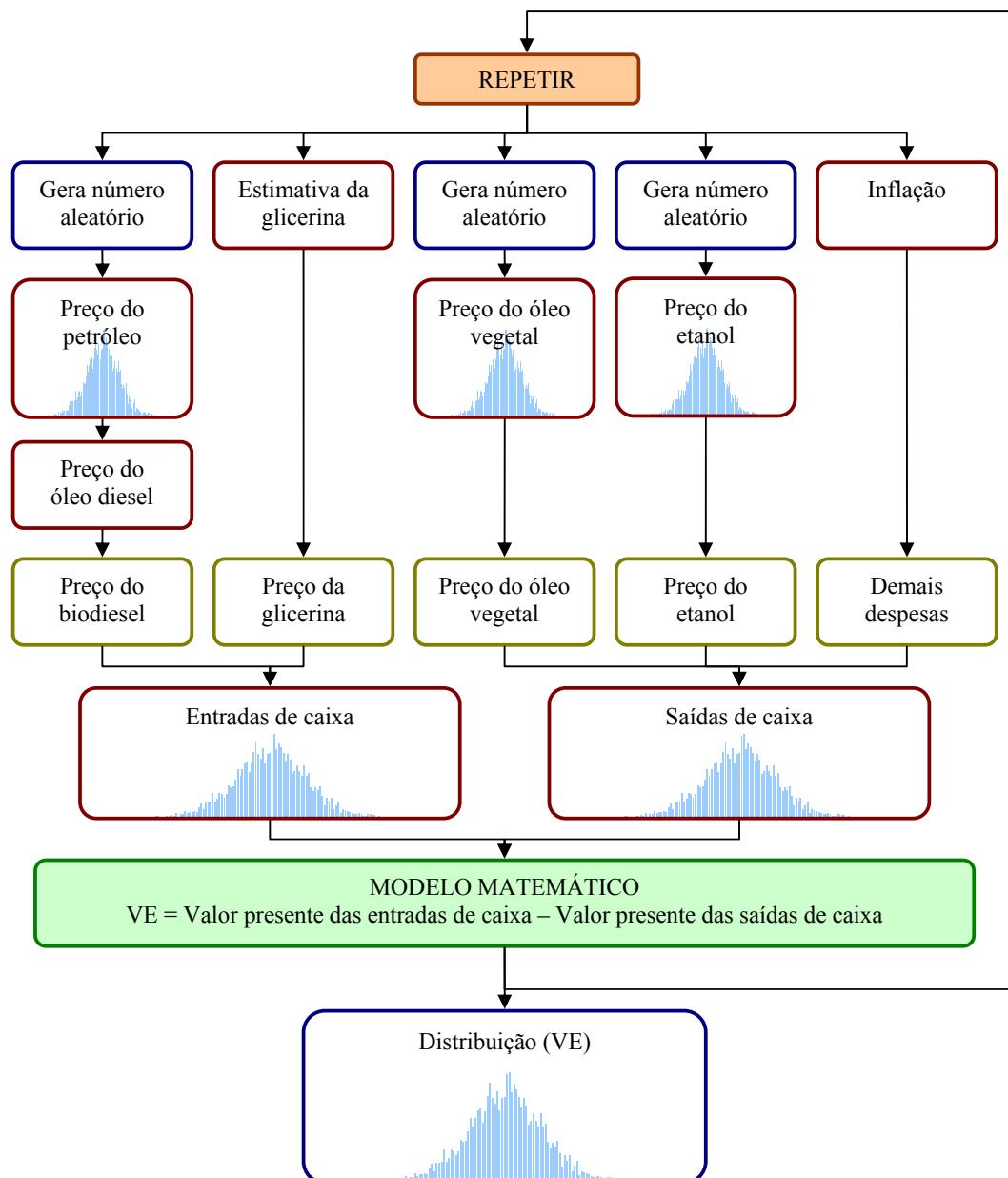


Figura 5.1: Detalhamento do modelo de simulação do VPL.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.3 Definição das Variáveis Probabilísticas

Com base nos conceitos e processos apresentados, determinaram-se as variáveis relevantes para a aplicação deste modelo.

#### 5.3.1 Biodiesel

Tendo em vista que o biodiesel será o principal produto a ser comercializado pela usina, e que o mesmo visa substituir o óleo diesel – derivado do petróleo –, a receita oriunda da venda de biodiesel será extremamente sensível às oscilações na cotação do petróleo. São relevantes as seguintes considerações:

- Para efeitos de cálculos, será considerado que o biodiesel é comercializado com ágio ou deságio em relação ao óleo diesel;
- O preço do óleo diesel possui uma relação com a cotação do petróleo.

##### 5.3.1.1 Ágio e deságio – Biodiesel vs. Óleo Diesel

Conforme definido pela *National Biodiesel Board* (2006), a mistura diesel-biodiesel apresenta desempenho bastante similar ao do diesel em termos de performance, torque e combustível, sem grandes modificações ao motor. Sendo assim, caso não haja diferenças tributárias para cada um desses produtos, os preços de mercado devem ser equivalentes.

A partir de dados divulgados pela Agência Nacional do Petróleo (2006b), o preço médio para o óleo diesel comercializado na Região Sudeste foi de R\$ 1,36 por litro, sem impostos. Tendo em vista que os impostos (no Estado de São Paulo) incidentes sobre o biodiesel são similares aos do diesel, conclui-se que o biodiesel será negociado sem ágio ou deságio quando comparado ao óleo diesel.

##### 5.3.1.2 Correlação – Óleo Diesel vs. Petróleo

Com o objetivo de se avaliar a relação entre a cotação do óleo diesel e do petróleo, o Gráfico 5.1 a seguir apresenta a evolução das cotações do óleo diesel no Brasil e do petróleo.

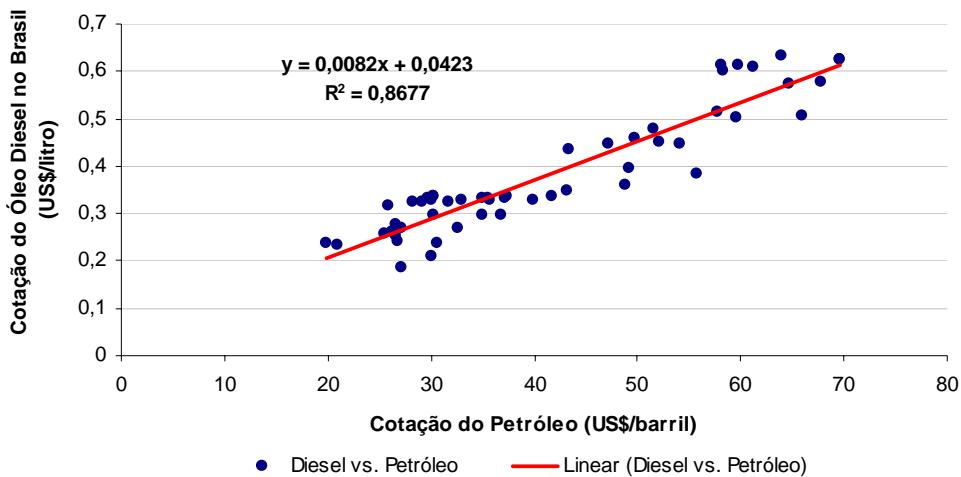


Gráfico 5.1: Cotações: petróleo vs. diesel. Fonte: *Energy Information Administration* (2005) e ANP (2006c).

Com base no gráfico, se nota que a equação da reta que melhor define a cotação do diesel (em litros) em relação ao preço do petróleo (em barris) possui inclinação de 0,0082. Adicionalmente, se nota que a correlação entre os produtos é significativa, visto que o valor de  $R^2$  é bastante alto: 0,8677. Considerando-se o petróleo como determinante do preço do diesel, e considerando-se uma correlação linear para os preços dessas *commodities*, tem-se que uma variação de US\$ 100 na cotação do barril de petróleo gerará uma variação de US\$ 0,82 no preço do litro de óleo diesel.

#### 5.3.1.3 Preço do Biodiesel

Levando-se em consideração que não há ágio ou deságio no preço do biodiesel em relação ao diesel; o preço atual do óleo diesel para o distribuidor de R\$ 1,36 por litro sem ICMS; a cotação atual do barril de petróleo de US\$ 70,00 por barril conforme dados da Bloomberg (2006); a cotação atual do dólar de 2,25 R\$/US\$ também de acordo com a Bloomberg (2006); e que uma variação de US\$ 100 na cotação do barril de petróleo gera uma variação de US\$ 0,82 na cotação do litro de óleo diesel, tem-se a Equação 5.1 a seguir:

$$BIODIESEL = \left[ (PETRÓLEO - 70) \cdot 0,0082 + \frac{1,36}{2,25} \right]$$

Equação 5.1: Preço do biodiesel em US\$.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Onde,

BIODIESEL: preço do litro de biodiesel em US\$;

PETRÓLEO: cotação do barril de petróleo em US\$;

Conforme se nota a partir da equação, o preço do biodiesel é equivalente ao preço do óleo diesel. Este por sua vez é formado a partir do preço atual de R\$ 1,36, ou US\$ 0,60 por litro, adicionado a 0,0082 vezes a variação absoluta da cotação do barril de petróleo, que atualmente vale US\$ 70.

Sendo assim, as entradas de caixa resultantes da venda de biodiesel serão função da cotação do petróleo no mercado mundial. Para a aplicação da Simulação de Monte Carlo, definem-se aqui dois dados de entrada do estudo:

- Cotação esperada para o barril de petróleo;
- Desvio-padrão histórico da cotação do barril de petróleo.

### 5.3.2 Óleo vegetal

Uma vez que a região proposta para a implantação da usina de biodiesel nesta análise de viabilidade econômica é a Região de Ribeirão Preto, demonstrou-se que, devido ao elevado cultivo de cana-de-açúcar na região e tendo em vista a necessidade de renovação do solo por meio do plantio de leguminosas, há elevado cultivo de amendoim e soja nessa região. Sendo assim, fica estabelecido que as oleaginosas consideradas como fonte de obtenção de óleo vegetal, nesta análise, serão o amendoim e a soja.

#### 5.3.2.1 Óleo de soja vs. Óleo de amendoim

De acordo com o que foi descrito, uma das matérias-primas do processo produtivo do biodiesel é o óleo vegetal, o qual pode advir de diversas oleaginosas. Tendo isso em vista, deverá ser determinada alguma proporção de utilização desses óleos na produção da usina – alguns fatores serão considerados nessa determinação.

O primeiro desses fatores será, obviamente, o preço do óleo. Adicionalmente, serão considerados o efeito diversificação, a disponibilidade dos óleos e o tempo de colheita de cada um deles. Conforme o que foi apresentado por Markowitz (1952), o efeito diversificação demonstra a redução no risco do portfólio em decorrência das correlações entre os ativos que o compõem. Sendo assim, se considerarmos a utilização de duas *commodities* como matéria-

prima, há diversificação no portfólio da empresa e consequente redução de risco (volatilidade).

Têm-se agora os seguintes fatores a serem considerados na determinação da proporção de óleos de amendoim e soja na produção do biodiesel.

- A disponibilidade dos óleos é ilimitada;
- O tempo e o período de colheita das oleaginosas é o mesmo;
- O custo do amendoim é superior ao da soja;
- Efeito diversificação.

Tendo isso em vista, será utilizado um fator de decisão que visa apresentar a diferença de custo entre cada um dos óleos e o risco total da variação no preço das matérias-primas. Esse fator será resultado da multiplicação da cotação do óleo A determinado e o desvio-padrão da cotação do óleo A, sendo que será dado um peso adicional para a cotação do óleo. Para que seja feita essa consideração, o fator será calculado a partir da multiplicação do quadrado da cotação do óleo A e o desvio-padrão anualizado das cotações mensais desse óleo. Quanto menor esse fator, melhor. Na Equação 5.2 tem-se a cotação do óleo A.

$$\text{ÓLEO}_A = X_B \cdot \text{ÓLEO}_B + X_C \cdot \text{ÓLEO}_C$$

Equação 5.2: Cotação do óleo A.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Onde,

$X_A$ : Proporção de óleo B;

$X_C$ : Proporção de óleo C;

O desvio-padrão da cotação do óleo A será calculado a partir da fórmula que define o desvio-padrão de um portfólio composto por dois ativos. Essa equação já foi apresentada em capítulos anteriores. Fica definido que, tendo em vista as diversas alternativas de composição para o óleo A, a alternativa a ser escolhida deve ser aquela que minimiza o fator risco-preço. Esse fator será calculado multiplicando-se o quadrado da cotação do óleo (em US\$/lb) pelo fator de risco (desvio-padrão das cotações diárias). Dessa forma o fator considerará peso dobrado para o preço do óleo em relação ao peso dado para o efeito diversificação. A cotação esperada para o óleo A, bem como seu desvio-padrão serão variáveis de entrada do estudo.

### 5.3.3 Etanol

Conforme estabelecido anteriormente, neste estudo será considerado o etanol como uma das matérias-primas do processo produtivo do biodiesel – não será avaliada a possibilidade de utilização do metanol devido à indisponibilidade do mesmo na região. Em virtude da elevada presença de usinas sucroalcooleiras na Região de Ribeirão Preto, pode-se considerar a disponibilidade desse insumo ilimitada. Dessa forma, as estimativas na cotação do etanol e o desvio-padrão de sua cotação exercerão influência nos resultados deste estudo. Tem-se a definição de mais duas variáveis de entrada do estudo: cotação esperada para o etanol; e desvio-padrão histórico da cotação do etanol.

### 5.4 Variáveis do Modelo

A Tabela 5.1 apresenta um quadro resumo de todas as variáveis do estudo, sejam elas probabilísticas, ou não, bem como seus respectivos impactos e uma breve descrição.

Variável	Descrição	Impacto	Cálculo
<b>Investimento Inicial</b>	Representa o valor a ser empregado para a implantação da usina de biodiesel.	O investimento inicial será o valor com o qual comparar-se-á o valor da empresa para se concluir se o projeto é viável.	O investimento inicial será obtido através da realização de um orçamento com o intuito de se estimar o custo para implantação de uma usina de biodiesel.
<b>Média das entradas de caixa</b>	É o valor médio das receitas da empresa.	Determinarão o valor da empresa.	A média das entradas de caixa será calculada com base nas estimativas de receita com a venda de glicerina e biodiesel. O preço do biodiesel será função da cotação esperada para o barril de petróleo.
<b>Desvio-padrão das entradas de caixa</b>	Representa a variabilidade das receitas da empresa.	Determinarão o valor da empresa.	O desvio-padrão das entradas de caixa será função da variabilidade da cotação do petróleo.
<b>Média das saídas de caixa</b>	É o valor médio das despesas da empresa.	Determinarão o valor da empresa.	A média das saídas de caixa será função das despesas da usina. Os principais determinantes de sua média serão as médias esperadas para a cotação do óleo e etanol.
<b>Desvio-padrão das saídas de caixa</b>	Representa a variabilidade das despesas da empresa.	Determinarão o valor da empresa.	O desvio-padrão das saídas de caixa será função da variabilidade no preço dos insumos: óleo vegetal e etanol.
<b>Taxa específica de desconto</b>	Representa o custo do capital e o custo de oportunidade para se tornar o projeto viável do ponto de vista econômico.	Quanto maior for essa taxa menor será o valor presente dos fluxos esperados e, consequentemente, menor será o valor da empresa.	A taxa específica de desconto será calculada baseando-se na taxa de juros, no custo de oportunidade para o investidor e no premio de risco a ser pago oriundo do risco de crédito da empresa.

Tabela 5.1: Quadro resumo das variáveis do estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme visto, o modelo propõe a aplicação da Simulação de Monte Carlo a fim de se estimar o valor da empresa de biodiesel. Tal análise permitirá que se considerem cenários e estimativas para as variáveis que exercem influência sobre o fluxo de caixa da empresa e, dessa forma, pode-se avaliar o valor dela. Isto significa que o estudo gerará resultados para o VE, a partir dos quais será possível extrair dois resultados básicos.

- A média obtida para a distribuição dos valores da empresa apresentará o valor esperado para o projeto. Esse valor será comparado ao investimento inicial.
- A partir da distribuição de probabilidade dos valores da empresa será possível definir o risco do projeto.

Uma vez que a média observada para a distribuição dos valores obtidos para o VE representa o resultado de maior probabilidade de ocorrência do mesmo, ele reflete o valor esperado para o projeto. A distribuição de probabilidade dos resultados obtidos para o VE apresenta a dispersão desses resultados, ou seja, o risco de que o valor esperado não ocorra. Com base nisso, a partir do cálculo da densidade de probabilidade para o intervalo em que o valor da empresa supere o investimento inicial, será possível calcular uma área de viabilidade econômica do projeto e, analogamente, a área restante representará a área de inviabilidade.

Em suma, o modelo proposto possibilita a geração de resultados probabilísticos para o valor presente líquido do projeto. No entanto, o que irá definir o valor da empresa e, portanto, apresenta grande influência nos resultados obtidos, são as variáveis de entrada e as distribuições e dispersões consideradas para essas variáveis. Tal influência será comprovada a partir de uma análise de sensibilidade, ou seja, variando-se algumas das variáveis de entrada do modelo.

A conclusão final estará sujeita aos seguintes aspectos principais:

- Os dados de entrada e as considerações a cerca de suas distribuições, valores esperados e dispersões apresentarão elevado impacto nos resultados e devem, portanto, ser criteriosamente definidos. Esses dados podem, por exemplo, representar estimativas e projeções de uma instituição financeira, conforme o que será aplicado neste trabalho.
- A média da distribuição obtida definirá o valor esperado para o projeto, ou seja, o de maior probabilidade de ocorrência.

- A área de viabilidade econômica definirá se o projeto é ou não viável. Caso essa área seja maior que 50%, o projeto é viável economicamente.
- A área de inviabilidade econômica definirá a probabilidade de fracasso do projeto.

O levantamento dos dados, a aplicação do modelo e os resultados obtidos constam nos capítulos subseqüentes.

## 6. Levantamento de Informações

Neste capítulo serão definidos os dados de entrada do modelo a ser aplicado neste estudo de viabilidade econômica.

### 6.1 Cálculo do Investimento Inicial

Neste tópico será definido o investimento inicial do projeto, ou seja, o quanto será investido para implementar uma usina de biodiesel. Futuramente serão comparados os valores deste investimento inicial ao valor da empresa – isso definirá se o projeto é, ou não, economicamente viável.

Os principais equipamentos que compõem as refinarias de biodiesel são:

- Pré-aquecedores;
- Secadoras;
- Reatores;
- Compressores;
- Tanques de decantação;
- Tanques de armazenamento (pulmão);
- Lavadoras;
- Misturadores e dosadores de álcool.

A Dedini Indústrias de Base possui tecnologia para implantação de usinas para a produção de biodiesel. Vecchio (2006), apresentou um estudo realizado pela Dedini em seminário para o BNDES, contendo estimativas de investimento para se implantar uma usina com capacidade produtiva de 100.000 toneladas de biodiesel, conforme Tabela 6.1 apresentada a seguir.

Descrição	Investimento (R\$)
Neutralização	2.500.000
Reator de Transesterificação + Laboratório	19.000.000
Armazenagem + Plataforma	5.000.000
Utilidades	2.500.000
Obras Civis + Segurança	3.000.000
<b>Total</b>	<b>32.000.000</b>

Tabela 6.1: Investimento inicial.

Fonte: Vecchio (2006).

A partir da Tabela 6.1, é possível fazer algumas considerações.

- A neutralização refere-se aos equipamentos de preparação das matérias-primas e mistura catalítica;
- O reator de transesterificação e o laboratório referem-se ao equipamento no qual se dará a reação de transesterificação do éster, e o laboratório para testes e ensaios obrigatórios para coleta de dados e envio dos mesmos a ANP.
- Armazenagem e plataforma são os equipamentos de recuperação do álcool e destilação, lavagem, secagem e armazenamento do biodiesel e da glicerina.
- Utilidades é referente às instalações que disponibilizam energia elétrica, vapor de água e água de resfriamento.
- As obras civis e segurança referem-se às demais instalações e às instalações de emergência.

Neste estudo, portanto, considera-se uma usina com capacidade produtiva de 100.000 toneladas anuais de biodiesel, a qual necessitará de um investimento inicial de R\$ 32.000.000 e terá horizonte de 10 anos de sua vida útil. Isso significa depreciá-la R\$ 3.200.000 por ano, ou R\$ 32,00 por tonelada ano de biodiesel. Considerando-se a densidade do biodiesel de 0,8771 g/cm<sup>3</sup>, isso é equivalente a uma produção anual de 112,8 milhões de litros de biodiesel.

## 6.2 *Cálculo das Entradas de Caixa*

As entradas de caixa da empresa serão função das vendas de biodiesel e glicerina e eventuais resultados financeiros, ou seja, a receita total da empresa.

### 6.2.1 Biodiesel

Como já visto, o preço do biodiesel será formado a partir da cotação do petróleo. Dessa forma, devem-se definir estimativas para a cotação do mesmo, assim como para seu desvio-padrão.

#### 6.2.1.1 Estimativa da cotação do barril de petróleo

O Gráfico 6.1 a seguir ilustra as expectativas da área de pesquisa econômica da instituição financeira junto a qual foi desenvolvido este trabalho para a cotação do barril de

petróleo (óleo cru) em US\$ nos próximos 10 anos. Esses valores apresentados serão utilizados como média da cotação do barril de petróleo nesta análise de viabilidade econômica.

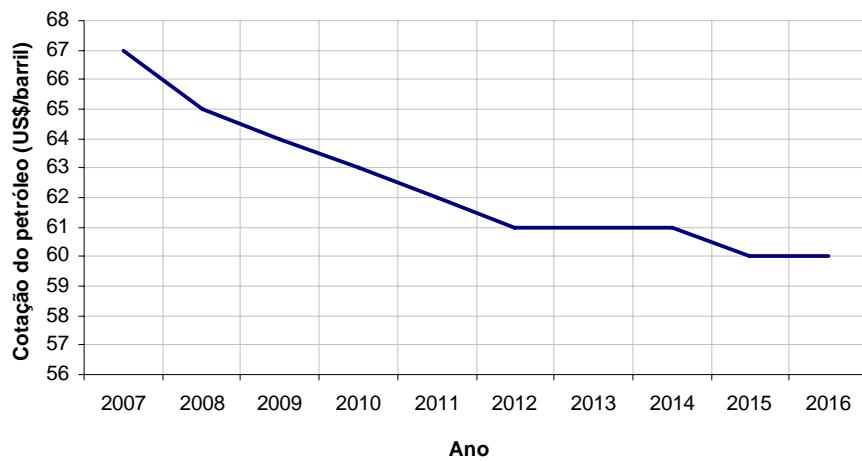


Gráfico 6.1: Estimativa da cotação do barril de petróleo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tendo em vista que os valores apresentados no gráfico representam as expectativas do banco de investimentos em relação à cotação do barril de petróleo e que neste estudo se avaliará a viabilidade econômica do biodiesel de acordo com as projeções desse banco, esses serão os valores utilizados no modelo de Simulação de Monte Carlo.

#### 6.2.1.2 Estimativa do desvio-padrão da cotação do barril de petróleo



Gráfico 6.2: Evolução da cotação do barril de petróleo.

Fonte: Bloomberg (2006).

Para a estimativa do desvio-padrão da cotação do barril petróleo, no futuro, utilizar-se-á o desvio-padrão histórico do mesmo considerando-se os dados disponíveis. O Gráfico 6.2,

apresentado a seguir, demonstra a evolução da cotação do contrato futuro genérico de primeiro vencimento para o barril de petróleo (óleo cru), divulgado pela Bloomberg (2006).

A partir dos dados históricos calculou-se o desvio-padrão das cotações anuais do petróleo de US\$ 15,30 / barril. Esse será o valor utilizado nas simulações.

### **6.2.2 Glicerina**

A glicerina é o subproduto do biodiesel e pode ser comercializada com o objetivo de aumentar a receita da usina. Este produto é utilizado como fertilizante e serve de matéria-prima para indústrias farmacêuticas. A cotação da glicerina em 1995, de acordo com Mota (2005), girava em torno de US\$ 1.500,00 por tonelada e atualmente está em torno de US\$ 500,00 por tonelada. Estimativas do banco de investimento com o qual foi desenvolvido este trabalho mostram que a partir do crescimento da indústria do biodiesel a oferta de glicerina no mercado internacional será tão grande, que o preço do produto despencará para cerca US\$ 300,00 por tonelada nos próximos 10 anos.

Sendo assim, a utilização de dados históricos não apresentará muita eficiência para se estimar o comportamento futuro da cotação da glicerina. Portanto, nas estimativas de entradas de caixa utilizar-se-á uma função decrescente para o preço da glicerina e será desprezada a variabilidade da cotação da mesma. Teremos, portanto, como dado de entrada no modelo de simulação de Monte Carlo o preço da glicerina, o qual acompanhará uma função linearmente decrescente, partindo de US\$ 500,00 no ano 0 e chegando até US\$ 300,00 no ano 10. A Equação 6.1 a seguir apresenta a função do preço da glicerina em US\$ por tonelada.

$$GLICERINA = 500 - t \cdot 20$$

Equação 6.1: Preço da glicerina.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Onde,

GLICERINA: preço da glicerina em US\$ por tonelada;

t: instante de tempo em anos, onde  $0 \leq t \leq 10$  ;

### **6.2.3 Créditos de carbono**

Outro fator que poderá eventualmente gerar receitas e, portanto, figurar como entrada de caixa para a empresa são os créditos de carbono. Segundo a Bolsa de Mercadorias e

Futuros (2006), o mercado de carbono refere-se a um “(...) termo popular utilizado para denominar os sistemas de negociação de unidades de redução de emissões de GEEs (gases de efeito estufa). No âmbito do Protocolo de Quioto, há dois tipos de mercado de carbono: mercado de créditos gerados por projetos de redução de emissões (projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e projetos de Implementação Conjunta) e mercado de permissões (...)”. O Regulamento das Operações nesse mercado deverão ter início em meados de 2006 na Bolsa de Mercadorias e Futuros de São Paulo e, considerando-se que a cadeia produtiva de biodiesel é geradora de créditos de carbono, há a possibilidade de venda desses contratos no mercado e consequente geração de receita adicional.

Nesta análise, visto que será considerada apenas a esfera industrial da cadeia produtiva do biodiesel, desprezar-se-ão os impactos da utilização dos créditos de carbono.

#### **6.2.4 Média e desvio-padrão das entradas de caixa**

As entradas de caixa da empresa serão calculadas a partir das receitas com a venda de glicerina e de biodiesel. Conforme já definido, serão dados de entrada do modelo de simulação as cotações esperadas do barril de petróleo e da glicerina (a partir da função definida pela Equação 6.1), e o desvio-padrão da cotação do petróleo. A média e o desvio-padrão das entradas de caixa serão, portanto, função desses dados e sua média e desvio-padrão serão calculados indiretamente por meio da determinação das variáveis que exercem influência sobre essas entradas de caixa.

### **6.3 Cálculo das Saídas de Caixa**

As saídas de caixa da empresa serão função das despesas da usina. Essas despesas incluem gastos administrativos, mão-de-obra, energia, matéria-prima (óleo vegetal, etanol e catalisador), impostos, e demais despesas operacionais e não-operacionais da empresa.

#### **6.3.1 Óleo vegetal**

Devido ao elevado cultivo de cana-de-açúcar na Região de Ribeirão Preto, e tendo em vista a necessidade de renovação do solo por meio do plantio de leguminosas, há elevado cultivo de amendoim e soja nessa região. Sendo assim, fica estabelecido que as oleaginosas consideradas como fonte de obtenção de óleo vegetal, nesta análise, serão o amendoim e a soja.

### 6.3.1.1 Óleo de soja vs. Óleo de amendoim

De acordo com o que foi visto neste estudo, a metodologia para se definir a proporção dos diferentes óleos vegetais que podem ser utilizados como matéria-prima levará em consideração basicamente três fatores: o preço desses óleos, a produtividade de cada um deles e o efeito diversificação.

A partir do que foi visto no Capítulo 3, Tabela 3.3, o amendoim (com água) gera uma produtividade final de biodiesel superior à da soja – em torno de 931 litros de biodiesel por hectare de amendoim contra 662 litros de biodiesel por hectare de soja. Isso se deve ao fato de que apesar da produtividade do cultivo de soja ser superior ao do amendoim, o amendoim possui um teor de óleo superior ao da soja. No entanto, apesar dos rendimentos da soja e do amendoim apresentarem diferenças, os óleos provenientes dessas oleaginosas gerariam as mesmas quantidades de biodiesel e, portanto, apresentam a mesma produtividade.

O preço do amendoim é superior ao da soja e, consequentemente, o preço dos óleos provenientes dessas oleaginosas apresenta diferenças, conforme demonstrado nas cotações apresentadas pela Bloomberg (2006) para o mês de Abril de 2006:

- Óleo de soja (contrato futuro na CBOT): US\$ 0,2554 por libra;
- Óleo de amendoim (preço à vista no mercado chinês): US\$ 0,4640 por libra.

Dessa forma, levando-se em consideração apenas esses fatores, a soja é cerca de 84% mais eficiente que o amendoim se considerados os níveis das cotações atuais, em termos de produção de litros de biodiesel por dólar. Isso significa que apenas o óleo de soja deveria ser utilizado na usina.

Por outro lado, será considerado mais um fator para se definir quais óleos serão utilizados – o efeito diversificação. O Gráfico 6.3 apresentado a seguir demonstra as cotações do óleo de soja e do óleo de amendoim desde janeiro de 2003, extraídas da Bloomberg (2006).



Gráfico 6.3: Evolução das cotações dos óleos de soja e amendoim.

Fonte: Bloomberg (2006).

Ao se analisar as séries de variação dessas cotações, chega-se aos valores de 1,70% e 1,31% para os desvios-padrão das variações percentuais nas cotações da soja e do amendoim, respectivamente. No entanto, ao se analisar a cotação hipotética (conforme apresentada na Equação 4.3) de um óleo A criado combinando-se o óleo de amendoim e o óleo de soja na proporção de um para um, o resultado obtido para o desvio-padrão da variação na cotação desse óleo seria de 1,08%. Isso se deve ao efeito diversificação – se analisarmos a correlação existente entre as variações das cotações dos óleos de soja e amendoim, obteríamos o valor de 2,19%.

$$\text{ÓLEO}_A = 0.5 \cdot \text{ÓLEO}_{SOJA} + 0.5 \cdot \text{ÓLEO}_{AMENDOIM}$$

Equação 6.2: Cálculo da cotação do óleo A.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 6.4, apresentado a seguir, demonstra as cotações históricas do óleo de soja, óleo de amendoim e do óleo A.

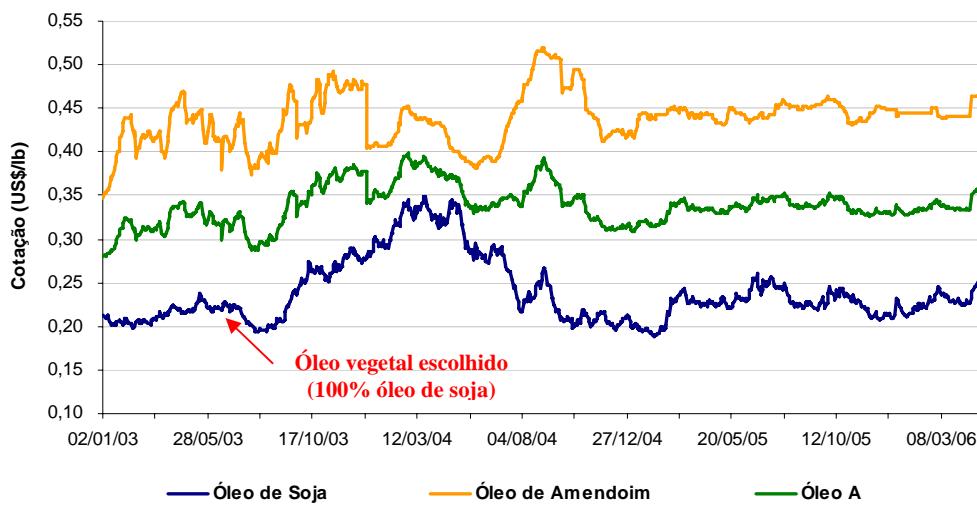


Gráfico 6.4: Evolução da cotação do óleo A.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Levando-se em consideração o fator proposto para a definição da proporção de cada óleo vegetal a ser utilizado na usina, realizou-se cálculos para se estabelecer o valor desse fator em função da proporção de óleo de soja e amendoim no óleo A. A Tabela 6.2 apresenta os resultados obtidos para esse fator, considerando-se as diferentes proporções entre óleo de soja e óleo de amendoim.

Quantidade de óleo de soja (%)	Quantidade de óleo de amendoim (%)	Cotação (US\$/lb)	Risco total (US\$/lb)	Fator
100	0	0,2554	0,0370	0,002413
90	10	0,2763	0,0333	0,002542
80	20	0,2971	0,0299	0,002639
70	30	0,3180	0,0269	0,00272
60	40	0,3388	0,0245	0,002812
50	50	0,3597	0,0228	0,00295
40	60	0,3806	0,0221	0,003201
30	70	0,4014	0,0223	0,003593
20	80	0,4223	0,0236	0,004209
10	90	0,4431	0,0257	0,005046
0	100	0,4640	0,0284	0,006114

Tabela 6.2: Fator de decisão.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao se combinar óleos de soja e amendoim na proporção um para um, obtém-se um óleo de cotação equivalente a US\$ 0,2554 / lb. O Gráfico 6.5 apresenta a evolução do fator de decisão em função da proporção de óleo de soja no óleo A.

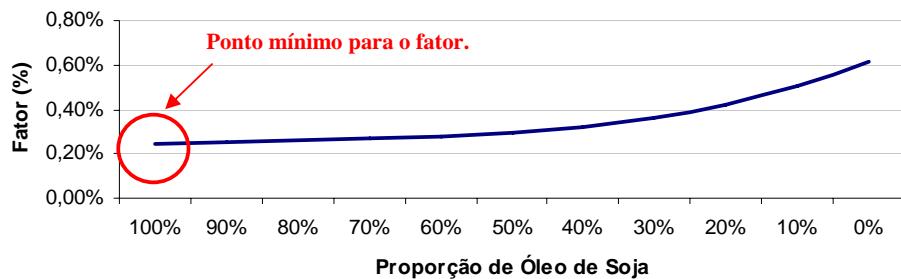


Gráfico 6.5: Fator vs. Proporção de Óleo de Soja.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tendo em vista os resultados apresentados, e que a disponibilidade destes óleos é ilimitada na região, será considerada nesta análise de viabilidade a utilização apenas do óleo de soja.

#### 6.3.1.2 Estimativa da cotação do óleo vegetal

A cotação do óleo A já foi definida na Equação 6.2. Para que se estime a cotação desse óleo para os próximos dez anos, é necessário obter estimativas da cotação do óleo de soja. Tendo em vista que o banco de investimento junto ao qual foi desenvolvido este trabalho não prevê significativas alterações nos preços da commodities agrícolas nos próximos dez anos, será utilizada a cotação média dos últimos três anos como estimativa para a cotação desse óleo. Dessa forma, a estimativa para a cotação do óleo A é de US\$ 0,2389 / lb. Isto equivale a US\$ 0,5267 / kg.

#### 6.3.1.3 Estimativa do desvio-padrão do óleo vegetal

O desvio-padrão do óleo A utilizado será baseado no desvio-padrão histórico das cotações dos óleos de soja e amendoim e suas correlações. Tendo em vista a cotação do óleo A apresentada no Gráfico 6.4, equivalente à cotação do óleo de soja, será utilizado o desvio-padrão dessa série como estimativa do desvio-padrão do óleo A. O valor do desvio-padrão anualizado das cotações mensais do óleo é de US\$ 0,1296 / lb. Isto equivale a US\$ 0,2857 / kg.

### 6.3.2 Etanol

Em virtude da elevada presença de usinas sucroalcoeladoras na Região de Ribeirão Preto, pode-se considerar a disponibilidade desse insumo ilimitada nessa região. Conforme já definido, as estimativas na cotação do etanol e o desvio-padrão de sua cotação exercerão influência nos resultados deste estudo. Os mesmos serão apresentados a seguir.

### 6.3.2.1 Estimativa da cotação do etanol

As estimativas para cotação do etanol, utilizadas, são baseadas nas estimativas do banco de investimento junto ao qual foi desenvolvido este trabalho. Apesar do etanol ser uma *commodity* derivada da biomassa, ou seja, agrícola, o mesmo é uma fonte de energia. O Gráfico 6.6 demonstra as estimativas do banco para a cotação etanol, em US\$ por litro.

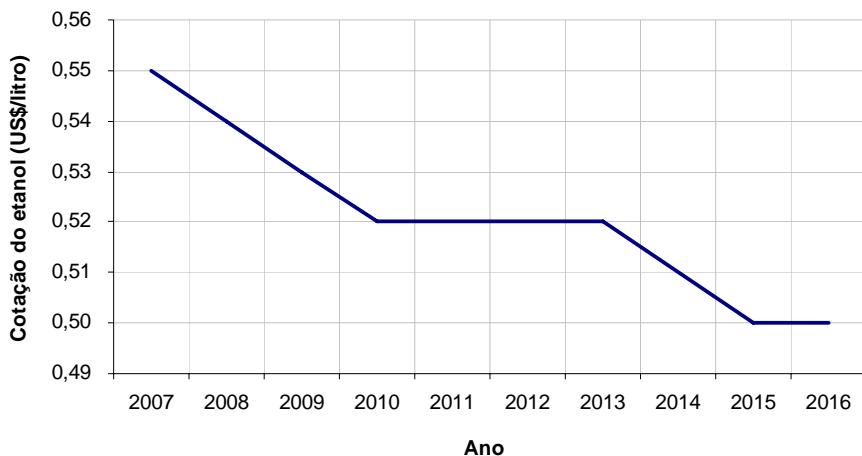


Gráfico 6.6: Estimativa da cotação do etanol.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 6.3.2.2 Estimativa do desvio-padrão da cotação do etanol

Para a estimativa do desvio-padrão da cotação do etanol, no futuro, será utilizado o desvio-padrão histórico do mesmo considerando-se os dados disponíveis. O Gráfico 6.7, apresentado a seguir, demonstra a evolução da cotação do etanol divulgado pela Cepea (2006). Esses preços referem-se ao álcool anidro comercializado diretamente pelo produtor sem impostos.

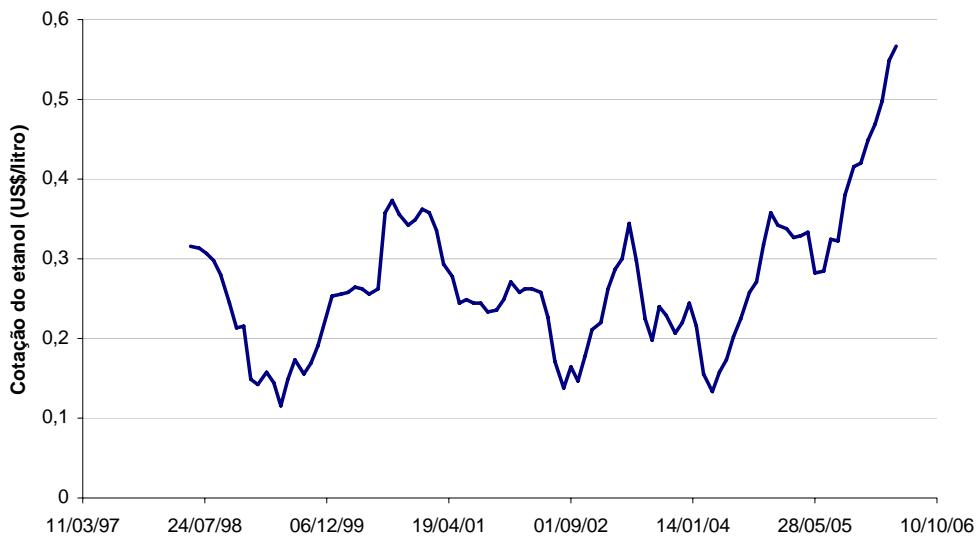


Gráfico 6.7: Evolução da cotação do etanol.

Fonte: Cepea (2006).

A partir dos dados históricos disponíveis – 1997 até 2006 – foi calculado o desvio-padrão anualizado das cotações mensais do etanol – o valor do desvio é de US\$ 0,31 / litro. Este será o valor utilizado nas simulações.

### 6.3.3 Outras despesas

As demais despesas que devem ser consideradas nas saídas de caixa são os gastos com mão-de-obra, químicos, manutenção e os demais gastos da estrutura operacional da usina. Para estimarmos esses gastos, consideraremos os valores conforme apresentados por Vecchio (2006) para uma planta de capacidade produtiva de 100.000 toneladas de biodiesel por ano. Adicionalmente, consideraremos que esses valores sofrerão reajustes conforme a inflação projetada pelo mercado e pelo banco de investimentos junto ao qual foi desenvolvido este estudo.

#### 6.3.3.1 Inflação

A inflação projetada pelo Banco Central do Brasil (2006) no Relatório de Mercado<sup>5</sup> para o ano de 2007 é de 4,5% e a inflação projetada pelo banco de investimentos para os anos subseqüentes é de 4% ao ano. A variabilidade da inflação será desprezada neste estudo.

<sup>5</sup> O Relatório de Mercado é uma publicação divulgada semanalmente pelo Banco Central do Brasil, e contém expectativas de mercado para o comportamento de diversos indicadores da economia brasileira.

A Tabela 6.3 apresenta o consumo das utilidades e insumos na usina de biodiesel para a produção de uma tonelada de biodiesel.

Descrição	Consumo por tonelada de biodiesel
<b>Utilidades</b>	
Energia elétrica	25 kWh
Vapor a 15 bar	340 kg
Água de resfriamento	28 m <sup>3</sup>
<b>Químicos</b>	
Soda	1,6 kg
Ácido clorídrico	8,0 kg
Catalisador	5,5 kg
<b>Recuperação de etanol</b>	
Vapor	150 kg
Energia Elétrica	3 kWh
Água de resfriamento	10 m <sup>3</sup>

Tabela 6.3: Consumo das utilidades e insumos.

Fonte: Vecchio (2006).

A Tabela 6.4 detalha os custos desses itens, estimados por Vecchio (2006).

Descrição	Custo (em R\$ por tonelada de biodiesel)
Mão-de-obra	4,80
Catalisador	60,20
Manutenção	11,20
Outros	22,20
<b>Total</b>	<b>98,40</b>

Tabela 6.4: Outras despesas.

Fonte: Vecchio (2006).

O valor apresentado na tabela é equivalente a R\$ 0,9840 por kg de biodiesel.

#### 6.3.4 Média e desvio-padrão das saídas de caixa

As saídas de caixa da empresa serão calculadas a partir das despesas da empresa, com óleo vegetal, etanol, catalisador, mão-de-obra, manutenção e outras despesas. Como já definido, serão dados de entrada do modelo de simulação as cotações esperadas do óleo vegetal, do etanol e a taxa de inflação, e os desvios-padrão das cotações do vegetal e do etanol. A média e o desvio-padrão das saídas de caixa serão, portanto, função desses dados e sua média e desvio-padrão serão calculados indiretamente com a determinação das variáveis que exercem influência sobre essas saídas de caixa.

#### 6.4 Taxa de Desconto

A taxa de desconto, já apresentada anteriormente, será o custo de oportunidade do projeto, ou seja, a taxa mínima de retorno esperada para que o projeto seja viável do ponto de

vista econômico. Para tanto, é necessário que determinarem os custos da dívida e de capital próprio, e a estrutura de capital da empresa.

#### **6.4.1 Cálculo do Custo da dívida**

A partir do custo médio e ponderado de capital, percebe-se que o custo da dívida é composto por dois fatores: a taxa de juros livre de risco e o premio de risco do emissor. Ambos estão descritos a seguir.

##### **6.4.1.1 Taxa de juros livre de risco**

Como definido por Sharpe (1998), como não há incertezas a respeito do valor futuro de um ativo livre de risco, o desvio-padrão do mesmo é igual a zero. Adicionalmente, tal ativo deve pertencer à classe de Renda Fixa e, como quaisquer ativos emitidos por companhias apresentam alguma chance de moratória, o ativo livre de risco precisa necessariamente ser um título emitido pelo governo federal. Sendo assim, em tese, considera-se a taxa de juros livre de risco equivalente aos juros pagos por um título emitido pelo Tesouro Americano com mesmo prazo de vencimento do período analisado pelo investidor. Apesar de papéis emitidos pelo Governo Brasileiro apresentarem risco de moratória superior a papéis da dívida norte-americana, no Brasil se considera como taxa livre de risco a taxa pré-fixada para títulos emitidos pelo Governo Brasileiro com mesmo prazo de vencimento do período analisado pelo investidor.

##### **6.4.1.2 Prêmio de risco do emissor**

O prêmio de risco do emissor representa justamente o excedente que se espera receber de um título específico em relação à taxa de juros livre de risco, dada a possibilidade de moratória desse título.

##### **6.4.1.3 Custo da dívida**

“Um dos fatores determinantes das condições de financiamento é o selo Combustível Social. O referido selo será concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA a produtores de biodiesel que promovam a inclusão social de agricultores familiares que lhes forneçam matérias-primas. O BNDES (2006) definiu que para obtenção do selo Combustível Social, o produtor de biodiesel deverá atender a critérios objetivos estabelecidos pelo MDA. Este estudo considera que a usina de biodiesel não possui o selo Combustível Social. Sendo

assim, o BNDES oferece apoio em até 80% do valor do projeto e a taxa de juros desse empréstimo é de  $TJLP^6 + 3\%$ a.a.

A partir do que foi apresentado, nota-se que o custo da dívida é composto pela taxa de juros livre de risco e por um prêmio de risco atribuído ao emissor. No caso específico de empresas produtoras de biodiesel, o BNDES oferece linhas especiais de financiamento. Na estrutura de financiamento, a  $TJLP$  representa a taxa de juros livre de risco, e o premio de risco do emissor é de 3%a.a.

Será considerado como estimativa para a  $TJLP$  o valor de 8,5%a.a. para todos os próximos 10 anos. O custo da dívida para os próximos 10 anos está definido na Tabela 6.5, a seguir.

Ano	TJLP (taxa real ao ano)	Custo da dívida (taxa real ao ano)
2007	8,5%	11,76%
2008	8,5%	11,76%
2009	8,5%	11,76%
2010	8,5%	11,76%
2011	8,5%	11,76%
2012	8,5%	11,76%
2013	8,5%	11,76%
2014	8,5%	11,76%
2015	8,5%	11,76%
2016	8,5%	11,76%
<b>Média</b>	<b>8,5%</b>	<b>11,76%</b>

Tabela 6.5: Custo da dívida.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da tabela tem-se o custo da dívida em termos reais de 11,76% ao ano.

#### 6.4.2 Cálculo do custo de capital próprio

O custo de capital próprio é função do custo de oportunidade para o investidor. Este será definido a seguir.

---

<sup>6</sup> Taxa de juros de longo prazo: conforme definido pelo BNDES (2005), a Taxa de Juros de Longo Prazo ( $TJLP$ ) tem período de vigência de um trimestre-calendário e é calculada a partir dos seguintes parâmetros: meta de inflação calculada pro rata para os doze meses seguintes ao primeiro mês de vigência da taxa, inclusive, baseada nas metas anuais fixadas pelo Conselho Monetário Nacional; e prêmio de risco.

#### 6.4.2.1 Custo de oportunidade para o investidor

O custo de oportunidade para o investidor será função da taxa de juros real em vigor no país. Como o projeto apresenta risco superior a títulos públicos da dívida pública, será considerado um prêmio de risco de 4% a.a sobre a TJLP como sendo justo para a empresa.

#### 6.4.2.2 Custo de capital próprio

O custo do capital próprio segue na Tabela 6.6.

Ano	TJLP (taxa real ao ano)	Custo de capital próprio (taxa real ao ano)
2007	8,5%	12,84%
2008	8,5%	12,84%
2009	8,5%	12,84%
2010	8,5%	12,84%
2011	8,5%	12,84%
2012	8,5%	12,84%
2013	8,5%	12,84%
2014	8,5%	12,84%
2015	8,5%	12,84%
2016	8,5%	12,84%
<b>Média</b>	<b>8,5%</b>	<b>12,84%</b>

Tabela 6.6: Custo de capital próprio.

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 6.4.3 Estrutura de capital

A partir do que foi apresentado, o custo de capital próprio é superior ao custo da dívida. Dessa forma, neste estudo será permitida a utilização de todo o financiamento fornecido pelo BNDES (80% do investimento), o qual irá gerar um elevado nível de alavancagem – o endividamento geral<sup>7</sup> da empresa será de 80%. Isso significa que a estrutura de capital da empresa será 80% dívida e 20% capital próprio.

#### 6.4.4 Custo Médio e Ponderado de Capital

O custo médio e ponderado de capital da empresa será definido pela Equação 6.3, apresentada a seguir.

$$CMePC = 80\% \cdot 11,76\% + 20\% \cdot 12,84\%$$

Equação 6.3: Custo médio e ponderado de capital.

Fonte: Elaborado pelo autor.

<sup>7</sup> Segundo Gitman (2002), endividamento geral: (passivo circulante + exigível a longo prazo) / ativo total.

O resultado obtido para o custo médio e ponderado de capital é de 11,98%a.a. Essa será a taxa real de desconto utilizada nas simulações.

## 6.5 Cotação do Dólar

Tendo em vista que todas as cotações aqui apresentadas e estimadas estão fornecidas em US\$, há necessidade de se usar alguma taxa para a conversão de US\$ em R\$. A taxa a ser utilizada também é baseada nas estimativas do banco de investimentos junto ao qual foi desenvolvido este estudo. A Tabela 6.7 apresenta essas estimativas para os próximos dez anos. Não será considerada a variabilidade da moeda.

Ano	Cotação (R\$/US\$)	Ano	Cotação (R\$/US\$)
2007	1,90	2012	1,80
2008	1,85	2013	1,80
2009	1,85	2014	1,80
2010	1,85	2015	1,80
2011	1,80	2016	1,80

Tabela 6.7: Estimativa da cotação R\$/US\$.

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6.6 Quadro Resumo

Neste Capítulo foram definidos os dados de entrada do sistema de simulação do valor presente líquido. A Tabela 6.8 apresenta todos esses dados que serão utilizados no estudo para os 5 primeiros anos, e a Tabela 6.9 apresenta esses dados para os demais 5 anos.

ANO	2007	2008	2009	2010	2011
<b>OPERAÇÃO</b>					
Volume da usina (ton)	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Taxa de utilização da usina	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%
Produção (toneladas)	98.000	98.000	98.000	98.000	98.000
<b>DADOS DE CONVERSÃO</b>					
Densidade do biodiesel (kg/litro)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Densidade do etanol (kg/litro)	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
<b>DADOS ESTIMADOS</b>					
Taxa (US\$/R\$)	1,90	1,85	1,85	1,85	1,80
Preço esperado do etanol (US\$/litro)	0,55	0,54	0,53	0,52	0,52
Desvio padrão do etanol (US\$/litro)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Preço esperado do óleo (US\$/kg)	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Desvio padrão do óleo (US\$/kg)	0,29	0,02	0,02	0,02	0,02
Preço esperado do petróleo (US\$/barril)	67,00	65,00	64,00	63,00	62,00
Desvio padrão do petróleo (US\$/barril)	15,30	15,30	15,30	15,30	15,30
Inflação (%a.a.)	4,5%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%

Tabela 6.8: Dados de entrada (2007 a 2011).

Fonte: Elaborado pelo autor.

ANO	2012	2013	2014	2015	2016
<b>OPERAÇÃO</b>					
Volume da usina (ton)	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Taxa de utilização da usina	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%
Produção (toneladas)	98.000	98.000	98.000	98.000	98.000
<b>DADOS DE CONVERSÃO</b>					
Densidade do biodiesel (kg/litro)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Densidade do etanol (kg/litro)	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
<b>DADOS ESTIMADOS</b>					
Taxa (US\$/R\$)	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Preço esperado do etanol (US\$/litro)	0,52	0,52	0,51	0,50	0,50
Desvio padrão do etanol (US\$/litro)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Preço esperado do óleo (US\$/kg)	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Desvio padrão do óleo (US\$/kg)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Preço esperado do petróleo (US\$/barril)	61,00	61,00	61,00	60,00	60,00
Desvio padrão do petróleo (US\$/barril)	15,30	15,30	15,30	15,30	15,30
Inflação (%a.a.)	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%

Tabela 6.9: Dados de entrada (2012 a 2016).

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6.7 Custo de Produção do Biodiesel

Com base nas informações levantadas, é interessante que se estime o custo de produção do biodiesel. A Tabela 6.10 a seguir demonstra o cálculo do custo do biodiesel em R\$ por litro considerando-se uma planta que produza 100.000 toneladas anuais de biodiesel.

<b>DADOS DE CONVERSÃO</b>	
Densidade do biodiesel (kg/litro)	0,88
Densidade do etanol (kg/litro)	0,79
<b>DADOS UTILIZADOS</b>	
Taxa (US\$/R\$)	1,90
Preço do etanol (US\$/litro)	0,50
Preço do óleo (US\$/kg)	0,53
Preço da glicerina (US\$/kg)	0,48
Preço do etanol (R\$/litro)	0,95
Preço do óleo (R\$/kg)	1,00
Preço da glicerina (R\$/kg)	0,91
<b>CUSTOS (R\$/ton de biodiesel)</b>	
Custo do etanol (110,0 kg)	132,28
Custo do óleo (993,3 kg)	994,03
Outras despesas	98,40
Depreciação (10 anos)	32,00
<b>RECEITAS (R\$/ton de biodiesel)</b>	
Glicerina (117 kg)	106,70
<b>CUSTOS (R\$/ton de biodiesel)</b>	
<b>Custo do biodiesel (R\$/ton)</b>	<b>1.150,00</b>
<b>Custo do biodiesel (R\$/litro)</b>	<b>1,01</b>

Tabela 6.10: Custo de produção do biodiesel.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado obtido para o custo do biodiesel foi de R\$ 1,01 por litro. Este custo é formado a partir de despesas com álcool etílico, óleo vegetal, outras despesas e depreciação; e das receitas obtidas com a venda de glicerina. A Tabela 6.11 apresenta o cálculo realizado.

Descrição	Valor (R\$)	%Custo
Custo do etanol (110,0 kg)	(+) 132,28	11,5%
Custo do óleo (993,3 kg)	(+) 994,03	86,4%
Outras despesas	(+) 98,40	8,6%
Depreciação (10 anos)	(+) 32,00	2,8%
Receita com glicerina (117 kg)	(-) 106,70	-9,3%
<b>Custo do biodiesel (R\$/ton)</b>	<b>1.150,00</b>	<b>100%</b>
<b>Custo do biodiesel (R\$/litro)</b>	<b>1,01</b>	-

Tabela 6.11: Formação do custo do biodiesel.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Corroborando com uma estrutura típica de produtos agrícolas, os principais formadores do preço do biodiesel são as matérias-primas: etanol e óleo vegetal. A partir desse resultado, e do atual preço estimado de venda do biodiesel de R\$ 1,36 por litro, espera-se que a usina gere um fluxo de caixa positivo. Os capítulos a seguir apresentam a aplicação do modelo e os resultados obtidos.

## 7. Aplicação do Modelo

### 7.1 Cálculo do VE

Os Apêndices B e C demonstram os cálculos efetuados e os resultados obtidos através da planilha para os dez anos de operação da usina, sendo que no Apêndice B constam os dados referentes aos anos de 2007 a 2011, e o Apêndice C se refere aos anos de 2012 a 2016.

Conforme se observa, o fluxo de caixa descontado evoluiu conforme apresentada no Gráfico 7.1, a seguir.

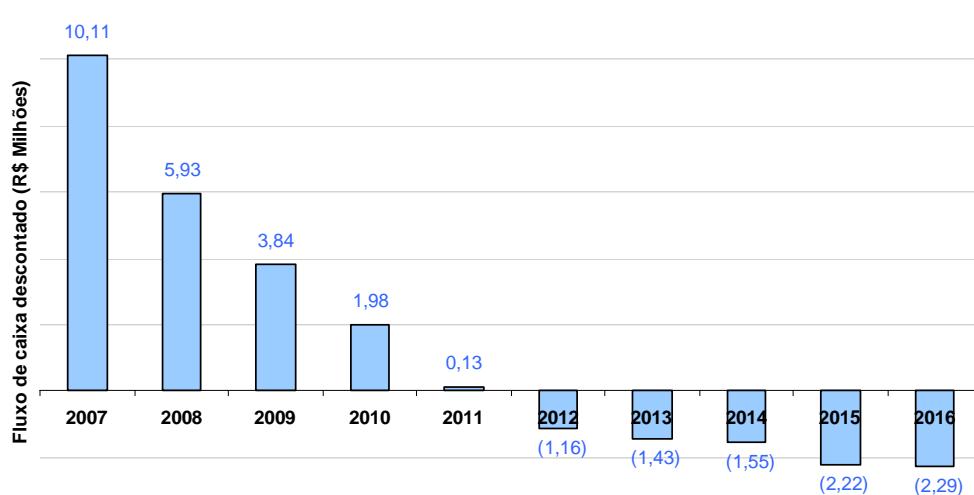


Gráfico 7.1: Fluxo de caixa descontado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O fluxo de caixa apresenta bastante variabilidade, pois foram gerados números aleatórios independentes para cada uma das variáveis simuladas, em cada um dos diferentes anos. Isso significa que se desprezou a correlação existente entre cada um dos anos.

Para se calcular o VE da simulação gerada pela planilha basta somar os fluxos de caixa descontados gerados para os 10 anos de vida útil da usina. O valor do VE seria de R\$ 13.338.678,24. Com base nos conceitos apresentados no Capítulo 2, tem-se um investimento inicial de R\$ 32.000.000,00 que, se comparado ao VE, nota-se a geração de R\$ - 18.661.321,76. Isso tornaria o projeto inviável do ponto de vista econômico. No entanto, seguindo o modelo proposto neste estudo, a geração de apenas um resultado simulado não gera dados suficientes para se realizar conclusões fundamentadas.

## 7.2 Geração dos VEs

Utilizando-se a mesma planilha em *Microsoft Excel* que foi utilizada para o cálculo dos fluxos de caixa descontados, necessários para se obter VE, foram geradas 50.000 simulações. Dessa forma, serão obtidos 50.000 valores para o VE para se realizar análises mais criteriosas com relação à viabilidade econômica do projeto. As 50.000 simulações foram geradas utilizando-se um algoritmo criado em *Visual Basic*, o qual está apresentado no Apêndice A.

O Gráfico 7.2 apresenta a freqüência dos dados gerados por essa simulação para o de VPL variando entre R\$ -300.000.000,00 e R\$ 300.000.000,00 e intervalos de classes de R\$ 1.000.000,00.

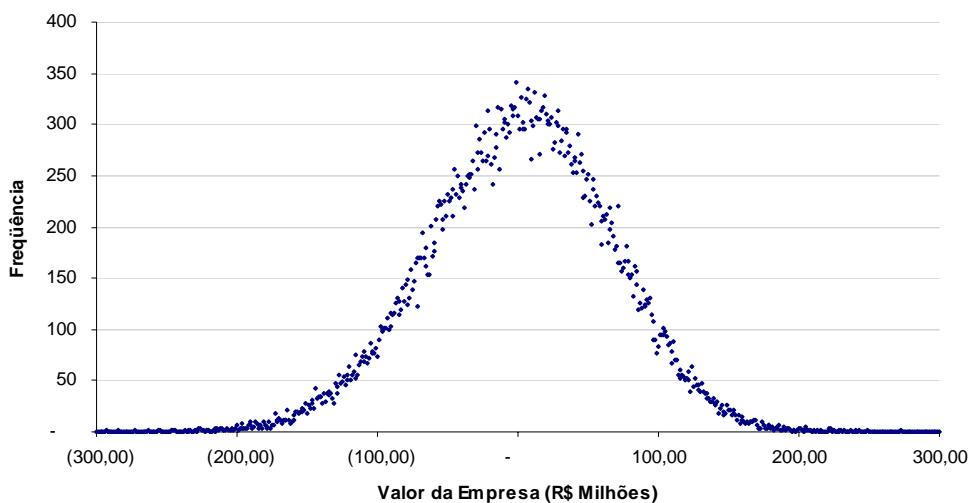


Gráfico 7.2: Freqüência dos Valores da Empresa.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A média dos valores gerados para o VPL foi de R\$ 4.726.874,05 e o desvio-padrão de R\$ 64.678.300,17. O menor valor observado foi de R\$ -291.943.550,71 e o maior de R\$ 276.559.334,96.

## 7.3 Valor da empresa vs. Investimento inicial

A partir dos dados gerados para o VE, conforme apresentado no Gráfico 7.2, pode-se determinar uma área na qual o investimento torna-se viável do ponto de vista econômico, ou seja, onde  $VE > IN$ . O Gráfico 7.3 apresenta a mesma curva de distribuição dos valores de VE, mas distingue a área de viabilidade do projeto.

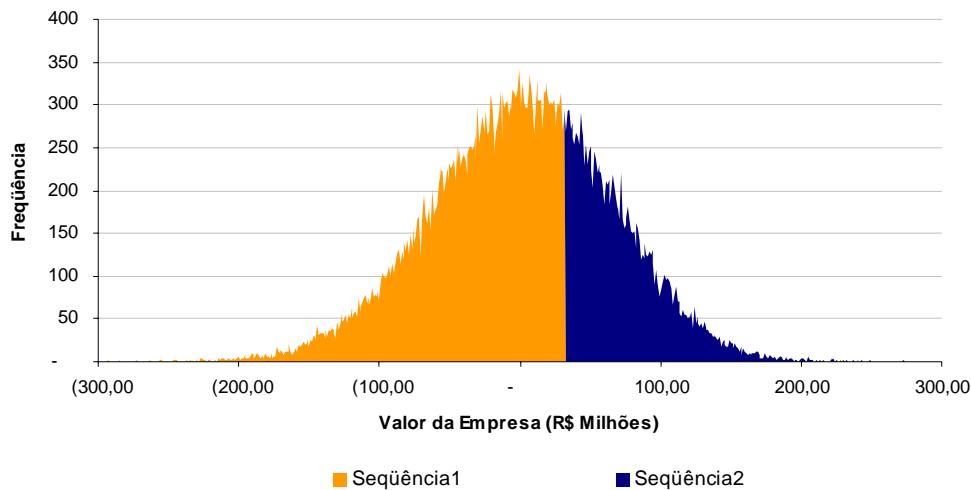


Gráfico 7.3: Freqüência do VE – área de viabilidade econômica.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A área de viabilidade econômica contempla toda a região na qual o VPL é superior a R\$ 32.000.000,00, ou seja,  $VE > IN$ . Tendo em vista que a curva apresentada no Gráfico 7.3 é uma função de distribuição de probabilidade normal, e segue a função descrita na Equação 2.4, e que o valor total da área de viabilidade somado à área de inviabilidade é de 100%, pode-se estimar o valor da área da região de viabilidade econômica, em percentual.

#### 7.4 Valor Esperado e Risco do Projeto

Conforme definido neste Capítulo, a média dos valores gerados para o VE foi de R\$ 4.726.874,05 e o desvio-padrão de R\$ 64.678.300,17. A partir desses dados e de uma tabela de distribuição normal, pode-se calcular o valor de  $z$  (o qual está definido na Equação 7.1), e determinar o valor da área de viabilidade econômica.

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Equação 7.1: Cálculo de  $z$ .

Fonte: Mason (1996).

Onde,

$x$ : valor observado;

$\mu$ : média da distribuição;

$\sigma$ : desvio-padrão da distribuição.

Tem-se o valor de -0,4217 para  $z$ . A partir da função *dist.normp(z)* do *Microsoft Excel*, a qual é similar a uma tabela de distribuição normal, chega-se ao valor de 66,34% para a área de inviabilidade econômica do projeto. Analogamente, a área de inviabilidade econômica representa 33,66%. Sendo assim, com base nos dados utilizados e nos resultados obtidos nas simulações, o projeto se demonstrou viável economicamente em 33,66% dos casos. Ou seja, há um risco de 66,34% de o projeto falhar, e se provar economicamente inviável.

Considerando-se a média do valor da empresa de R\$ 4.726.874,05, pode-se considerar que esse é o valor presente líquido esperado para o projeto. Subtraindo-se o investimento inicial, tem-se que o projeto deverá gerar R\$ -27.273.125,95. Sendo assim, o valor gerado esperado para o projeto é de R\$ -27.273.125,95 e as chances de o mesmo demonstrar-se inviável economicamente são de 66,34%.

## 7.5 *Análise de Sensibilidade*

A partir do modelo aqui proposto e utilizando-se a planilha desenvolvida no *Microsoft Excel* para simulação do valor da empresa de biodiesel, é possível gerar novas simulações a partir de dados diferentes dos já utilizados. Isso significa realizar uma análise de sensibilidade, ou seja, variar parâmetros de entrada do modelo de simulação com o objetivo de se avaliar o impacto nos resultados.

### 7.5.1 **Alteração no valor esperado**

Como exemplo, utilizou-se o modelo para calcular uma nova série de dados para o VE considerando-se um cenário diferente para a cotação esperada para o barril de petróleo, e mantiveram-se todos os demais dados de entrada inalterados. Dessa forma, será possível analisar o impacto da alteração da cotação média do barril de petróleo na viabilidade econômica do projeto. As novas estimativas estão apresentadas no Gráfico 7.4, juntamente com as estimativas utilizadas anteriormente.

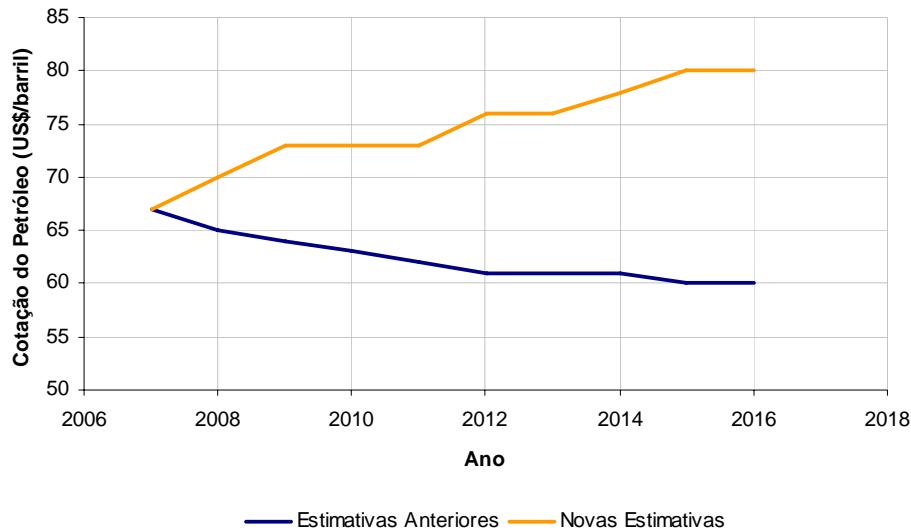


Gráfico 7.4: Nova estimativa da cotação do barril de petróleo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme se nota, as novas estimativas apresentam uma tendência de crescimento na cotação do barril do petróleo.

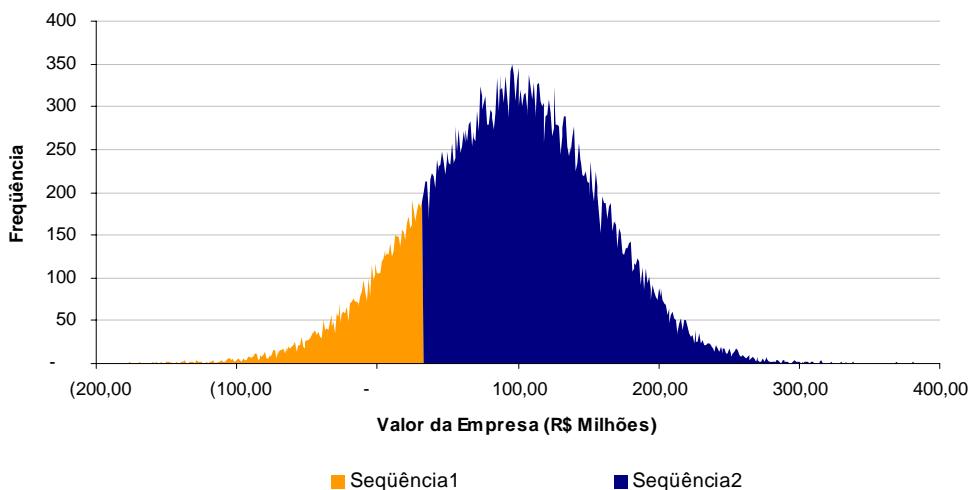


Gráfico 7.5: Freqüência do VE com alteração da cotação esperada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 7.5 apresenta a nova distribuição normal de probabilidade gerada, já se considerando as áreas de viabilidade e inviabilidade econômicas do projeto de implantação da fábrica.

Na nova simulação, o valor gerado esperado para o projeto é de R\$ 60.375.538,67 e as chances de o mesmo demonstrar-se inviável economicamente são de 17,10%. Ao se comparar

esses valores com os valores obtidos utilizando-se os dados originais, ou seja, valor gerado esperado para o projeto de R\$ -27.273.125,95 com chances de o mesmo demonstrar-se inviável economicamente de 66,34%, nota-se que, considerando-se tudo mais constante, o valor gerado esperado para o projeto é diretamente proporcional à cotação do barril de petróleo. Isso significa que altas no preço do petróleo exercem impacto positivo no valor da empresa.

### 7.5.2 Alteração no desvio-padrão

Assim como se gerou uma análise de sensibilidade na variação da cotação do barril de petróleo para a viabilidade econômica do projeto, podem-se testar todas as outras variáveis utilizadas para se avaliar o impacto de cada uma delas no retorno do investimento. Como segundo exemplo, reduziu-se o desvio-padrão esperado para a cotação do barril de petróleo para 8,00 US\$ por barril e mantiveram-se todos os demais dados de entrada inalterados.

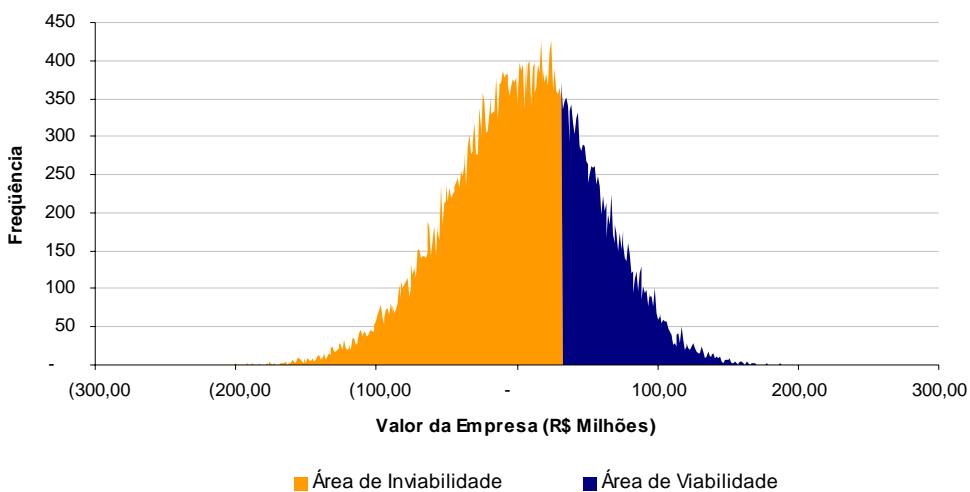


Gráfico 7.6: Freqüência do VE com desvio-padrão alterado. Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 7.6 apresenta a nova distribuição normal de probabilidade gerada, já se considerando as áreas de viabilidade e inviabilidade econômicas do projeto de implantação da fábrica.

Na nova simulação, o valor gerado esperado para o projeto é de R\$ -24.380.585,88 e as chances de o mesmo demonstrar-se inviável economicamente são de 68,06%. Ao se comparar esses valores com os valores obtidos utilizando-se os dados originais, ou seja, valor gerado esperado para o projeto de R\$ -27.273.125,95 com chances de o mesmo demonstrar-se

inviável economicamente de 66,34%, nota-se que, considerando-se tudo mais constante, o risco do projeto é diretamente proporcional ao desvio-padrão da cotação do barril de petróleo. Isso significa que a volatilidade do preço do petróleo exerce impacto sobre o risco do projeto.

## 8. Conclusões

A partir do que foi visto, o Capítulo 7 apresentou os resultados obtidos pela Simulação de Monte Carlo para se determinar o VE de um projeto de investimento para a produção de biodiesel. A simulação utilizou diversos dados e premissas, os quais foram apresentados ao longo deste estudo. Este Capítulo contempla as conclusões cabíveis, contendo inclusive recomendações para futuros trabalhos que possam vir desenvolverem-se a partir deste tema.

Conforme se definiu no Capítulo 2, o valor da empresa (VE) é equivalente ao VPL, e o mesmo deve ser comparado ao investimento inicial (IN) para se determinar a viabilidade do projeto. No Capítulo 6, o investimento inicial foi definido como sendo R\$ 32.000.000,00 para o projeto de implantação da usina de biodiesel com capacidade produtiva de 100.000 toneladas de biodiesel por ano. Adicionalmente, o Capítulo 6 apresentou os dados de entrada do modelo, incluindo as expectativas de projeções do banco de investimentos junto ao qual este trabalho foi desenvolvido. A partir desses dados, no Capítulo 7, foram gerados 50.000 dados para o valor da empresa. O valor da empresa pôde ser comparado ao investimento inicial.

### 8.1 Resultados Obtidos

Os resultados obtidos geraram uma distribuição de probabilidade para o valor esperado para a empresa produtora de biodiesel. Esses resultados comprovaram a viabilidade econômica do projeto, sujeito a uma probabilidade de fracasso de 23,08% – o risco do projeto.

### 8.2 Validez dos Resultados

Os resultados obtidos comprovam a viabilidade econômica do projeto. No entanto, esses resultados são função dos dados de entrada do modelo, e esses dados foram determinados a partir de projeções de uma instituição financeira. Sendo assim, é importante ressaltar que, apesar deste trabalho apresentar um parecer de viabilidade econômica a partir de dados fornecidos por uma única instituição financeira, o modelo aqui proposto permite que esses dados de entrada sejam alterados a fim de se obter uma nova distribuição de probabilidade para o valor da empresa. O Gráfico 8.1, apresentado a seguir, demonstra as distribuições de probabilidade geradas para o valor da empresa neste estudo, incluindo as distribuições geradas durante a análise de sensibilidade.

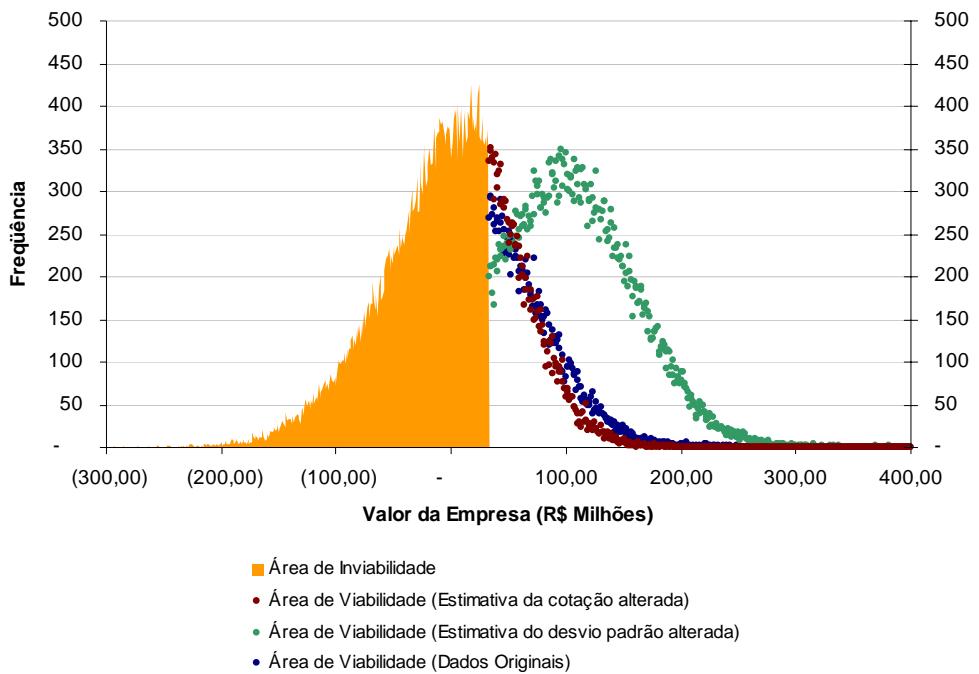


Gráfico 8.1: Distribuições de probabilidade normal para o valor da empresa – área de viabilidade econômica.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do gráfico se nota que o impacto de alterações nos dados de entrada é relativamente alto – quando apenas a estimativa da cotação do petróleo foi alterada, o projeto demonstrou-se economicamente viável e com risco praticamente nulo.

### 8.3 Conclusão Final

A partir dos resultados obtidos e das considerações realizadas, pode-se realizar apresentar uma conclusão final para este estudo de viabilidade econômica. **Segundo a instituição financeira junto a qual este estudo foi desenvolvido, a produção de biodiesel a partir de óleos de amendoim e soja, na Região de Ribeirão Preto, é com alta probabilidade economicamente inviável.**

### 8.4 Sugestões Para Futuros Trabalhos

A seguir constam algumas sugestões para futuros trabalhos relacionados à análise de viabilidade econômica da produção de biodiesel.

**Avaliação completa da cadeia produtiva.** Conforme se definiu ao longo deste estudo, a análise de viabilidade econômica restringiu-se à esfera industrial da cadeia produtiva

do biodiesel. Sugere-se que sejam realizados estudos isolados para cada uma das esferas dessa cadeia produtiva e, inclusive, estudos que contemplem toda a cadeia produtiva do biodiesel.

**Avaliação de aspectos do projeto.** Este estudo restringiu-se a uma análise de viabilidade econômica de uma usina produtora de biodiesel. No entanto, há ainda que se considerar o projeto de implantação dessa usina, e o próprio projeto de produção do biodiesel e sua viabilidade não somente econômica, mas também se considerando diversos outros aspectos, como, por exemplo, o aspecto social.

**Créditos de carbono.** Neste estudo desprezou-se a geração de receitas adicionais a partir da negociação de créditos de carbono. Considerando-se que a cadeia produtiva do biodiesel é geradora de créditos de carbono, sugere-se que sejam realizados estudos de viabilidade econômica contemplando os efeitos de se adicionar eventuais receitas à empresa produtora de biodiesel, geradas pela negociação desses contratos.

**Análise de opções reais.** Este estudo claramente apresenta a análise de viabilidade econômica de um projeto sujeito a incertezas do mercado. Tendo em vista que os valores de um projeto e da opção de se investir são afetados pela incerteza associada a variáveis relevantes – neste caso temos algumas variáveis como as cotações das *commodities* e a própria demanda por biodiesel, para a qual, atualmente, há um patamar mínimo definido pelo Governo Federal, sugere-se a aplicação de modelos que levem em consideração essas incertezas. Conforme apresentado por Rigolon (1999), modelos de opções reais representam uma boa alternativa, visto que as mesmas levam em consideração a mutabilidade nas condições de mercado, ou seja, o valor da opção de se investir ao longo do tempo.

## 9. Referências Bibliográficas

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Capacidade Autorizada de Plantas de Produção de Biodiesel**. Disponível em: [http://www.anp.gov.br/petro/capacidade\\_plantas.asp](http://www.anp.gov.br/petro/capacidade_plantas.asp). Acesso em: 15 nov. 2005.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Abastecimento**: dados estatísticos. Disponível em: [http://www.anp.gov.br/petro/abastecimento\\_dados.asp](http://www.anp.gov.br/petro/abastecimento_dados.asp). Acesso em: 15 mai. 2006a.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Levantamento de preços**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acesso em: 30 mai. 2006b.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Produtores**: óleo diesel. Disponível em: [http://www.anp.gov.br/petro/precos\\_de\\_produtores.asp](http://www.anp.gov.br/petro/precos_de_produtores.asp). Acesso em: 12 abr. 2006c.
- AYRES, Carlos. **Mercado financeiro e de capitais**. Disponível em: [http://financias.tripod.com/mercado\\_financeiro6.pdf](http://financias.tripod.com/mercado_financeiro6.pdf). Acesso em: 21 fev. 2006.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório de Mercado**. Disponível em: <http://www4.bcb.gov.br/pec/GCI/PORT/readout/R20060519.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2006.
- BLOOMBERG. **Bloomberg Anywhere**. Disponível em: <https://bba.bloomberg.net/>. Acesso em 15 mai. 2006.
- BNDES. **BNDES**: programa de apoio financeiro a investimentos em biodiesel. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/programas/infra/biodiesel.asp>. Acesso em: 04 jun. 2006.
- BNDES. **TJLP**: Taxa de Juros de Longo Prazo. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/produtos/custos/juros/tjlp.asp>. Acesso em: 12 dez. 2005.
- BOLSA DE MERCADORIAS E FUTUROS. **Mercado de carbono**. Disponível em: <http://www.bmf.com.br/portal/pages/mbre/>. Acesso em: 05 jan. 2006.
- BRASIL. Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Cadernos NAE**. Brasília, n. 2, jan. 2005a.

- BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 jan. 2005b. Seção 1, p.8.
- BRASIL. Agência Nacional do Petróleo. Especificação do biodiesel. Resolução nº 42, 24 de novembro de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 dez. 2004.
- CEPEA. **Álcool anidro combustível mensal**. Disponível em: [http://www.cepea.esalq.usp.br/indicador/alcool/page\\_2.php](http://www.cepea.esalq.usp.br/indicador/alcool/page_2.php). Acesso em: 02 jun. 2006.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM. **Mapa Rodoviário do Estado**. Disponível em: [http://www.der.sp.gov.br/vder/\\_malha/down\\_mapa.asp](http://www.der.sp.gov.br/vder/_malha/down_mapa.asp). Acesso em: 12 out. 2005.
- ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Petroleum**. Disponível em: <http://www.eia.doe.gov/>. Acesso em: 10 set. 2005.
- GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira**. 7. ed. Habra, 2002.
- MARKOWITZ, H. M. **Portfolio selection**. Journal of Finance, v.7 n.1, 1952.
- MARTIN, J. D.; PETTY J. W. **Value based management**: the corporate response to the shareholder revolution. Harvard Business School Press, 2000.
- MASON, R.; LIND, D. **Statistical techniques in business & economics**. 9. ed. Irwin McGraw-Hill, 1996.
- MIELKE, S. **ISTA Mielke GmbH**: Oil World Annual. Hamburg, 2003.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Agronegócio brasileiro**: uma oportunidade de investimentos. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 18 jan. 2006
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Estatísticas**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 07 set. 2005.
- MOTA, Claudio J.A. Biogasolina: uma alternativa para o aproveitamento da glicerina. **Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel**. Disponível em: [http://www.biodiesel.gov.br/rede\\_arquivos/rede\\_documentos.htm](http://www.biodiesel.gov.br/rede_arquivos/rede_documentos.htm). Acesso em: 30 mai. 2006.

- NATIONAL BIODIESEL BOARD. **Biodiesel fact sheets:** production. Disponível em: <http://www.biodiesel.org/resources/fuelfactsheets/default.shtm>. Acesso em: 30 mai. 2006.
- PARENTE, E. J. S. **Biodiesel:** uma aventura tecnológica num país engraçado. 2003. Fortaleza, Tecbio, 2003.
- REUTERS. **Reuters: products & services.** Disponível em: <http://about.reuters.com/productinfo/index.aspx>. Acesso em: 12 mai. 2006.
- RIGOLON, Francisco J. Z. **Opções reais e análise de projetos.** Rio de Janeiro: BNDES, 1999.
- SHARPE, W.; ALEXANDER, G.; BAILEY, J. **Investments.** 6. ed. Prentice Hall, 1998.
- SILVA, L.I.L. Lula: o século 21 tem que ser o século do Brasil. **Site oficial da Prefeitura Municipal de Dourados.** Disponível em: <http://www.dourados.ms.gov.br/>. Acesso em: 14 set. 2005.
- TEIXEIRA, Lincoln. **Potencialidades de oleaginosas para produção de biodiesel.** Informe Agropecuário, v.26 n.229, 2005.
- VECCHIO, Ernesto del. Dedini: implantação de usinas de biodiesel: necessidades de investimento. **BNDES:** seminário. Disponível em: [http://www.bnDES.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo/s\\_biodiesel.asp](http://www.bnDES.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo/s_biodiesel.asp). Acesso em: 05 mar. 2006.
- WINSTON, Wayne L. **Operations research:** applications and algorithms. 3. ed. International Thomson, 1994.

## Apêndice A – Algoritmo para Geração de VEs no Microsoft Excel

O algoritmo apresentado a seguir foi desenvolvido em *Visual Basic* como uma *Macro* do *Microsoft Excel*, de nome *Simula*.

*Sub Simula()*

*Dim i As Double*

*Dim quantidade As Double*

*quantidade = Range("Menu!quantidade").Value*

*Range("Menu!D4:M11").Copy*

*Range("Modelo!D16").PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks \_*  
*:=False, Transpose:=False*

*Worksheets("Resultados").Cells.ClearContents*

*Worksheets("Modelo").Activate*

*Range("Modelo!A1").Select*

*Range("Modelo!gerados").Value = 0*

*Worksheets("Resultados").Cells(1, 1).Value = "Simulação"*

*Worksheets("Resultados").Cells(1, 2).Value = "VPL"*

*For i = 1 To quantidade*

*Calculate*

*Worksheets("Resultados").Cells(i + 1, 1).Value = i*

*Worksheets("Resultados").Cells(i + 1, 2).Value = Range("Modelo!vpl").Value*

*Range("Modelo!gerados").Value = i*

*Next i*

*MsgBox ("Dados gerados com sucesso.")*

*Worksheets("Resultados").Activate*

*Range("Resultados!A1").Select*

*End Sub*

Essa *Macro* deve ser utilizada em uma planilha na qual haja as folhas “Menu”, “Modelo” e “Resultados”. A folha “Menu” apresenta os dados estimados; a folha “Modelo” calcula o valor da empresa; e a folha “Resultados” apresenta os resultados plotados. As células “quantidade”, “gerados” e “vpl” devem ser definidas sendo que as mesma contém a quantidade de dados a serem gerados, o status de quantos dados foram gerados e o valor da empresa, respectivamente. Os dados estimados devem estar compreendidos entre as células “D4:M11” na folha “Menu” e ter início na célula “D16” na folha “Modelo”.

## Apêndice B – Resultados para o cálculo do VE – 2007 a 2011

ANO	2007	2008	2009	2010	2011
<b>OPERAÇÃO</b>					
Volume da usina (ton)	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Taxa de utilização da usina	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%
Produção (toneladas)	98.000	98.000	98.000	98.000	98.000
<b>DADOS DE CONVERSÃO</b>					
Densidade do biodiesel (kg/litro)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Densidade do etanol (kg/litro)	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
<b>DADOS ESTIMADOS</b>					
Taxa (US\$/R\$)	1,90	1,85	1,85	1,85	1,80
Preço esperado do etanol (US\$/litro)	0,55	0,54	0,53	0,52	0,52
Desvio padrão do etanol (US\$/litro)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Preço esperado do óleo (US\$/kg)	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Desvio padrão do óleo (US\$/kg)	0,29	0,02	0,02	0,02	0,02
Preço esperado do petróleo (US\$/barril)	67,00	65,00	64,00	63,00	62,00
Desvio padrão do petróleo (US\$/barril)	15,30	15,30	15,30	15,30	15,30
Inflação (%a.a.)	4,5%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%
<b>NUMEROS ALEATÓRIOS</b>					
Número aleatório para o etanol	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Número aleatório para o óleo	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Número aleatório para o petróleo	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
<b>DADOS CALCULADOS</b>					
Preço do etanol (US\$/kg)	0,70	0,68	0,67	0,66	0,66
Preço do óleo (US\$/kg)	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Preço do petróleo (US\$/barril)	67,00	65,00	64,00	63,00	62,00
Preço do biodiesel (US\$/kg)	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61
Preço da glicerina (US\$/kg)	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40
<b>DESPESAS (R\$/ton de biodiesel)</b>					
Custo do etanol (110,0 kg)	145,51	139,10	136,53	133,95	130,33
Custo do óleo (993,3 kg)	994,03	967,87	967,87	967,87	941,71
Outras despesas	98,40	102,83	106,94	111,22	115,67
Depreciação (10 anos)	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
<b>Total</b>	<b>1.269,93</b>	<b>1.241,80</b>	<b>1.243,33</b>	<b>1.245,03</b>	<b>1.219,70</b>
<b>RECEITAS (R\$/ton de biodiesel)</b>					
Receita com glicerina (117,0 kg)	106,70	99,57	95,24	90,91	84,24
Receita bruta com biodiesel (1000,0 kg)	1.256,08	1.188,43	1.171,13	1.153,84	1.105,83
<b>Total</b>	<b>1.362,78</b>	<b>1.288,00</b>	<b>1.266,37</b>	<b>1.244,75</b>	<b>1.190,07</b>
<b>RESULTADO ANUAL</b>					
Receitas Operacionais (R\$)	133.552.461	126.223.736	124.104.522	121.985.308	116.626.470
Despesas Operacionais (R\$)	124.453.281	121.695.990	121.846.633	122.013.399	119.531.053
<b>LAJIR (R\$)</b>	<b>9.099.180</b>	<b>4.527.746</b>	<b>2.257.889</b>	<b>(28.091)</b>	<b>(2.904.584)</b>
Custo da dívida de 11,76%a.a. (R\$)	3.010.560	3.010.560	3.010.560	3.010.560	3.010.560
<b>LAIR (R\$)</b>	<b>6.088.620</b>	<b>1.517.186</b>	<b>(752.671)</b>	<b>(3.038.651)</b>	<b>(5.915.144)</b>
IR (Aliquota de 15%) (R\$)	913.293	227.578	-	-	-
<b>Lucro Líquido (R\$)</b>	<b>5.175.327</b>	<b>1.289.608</b>	<b>(752.671)</b>	<b>(3.038.651)</b>	<b>(5.915.144)</b>
<b>FLUXO DE CAIXA ANUAL</b>					
Entradas de Caixa Operacionais (R\$)	133.552.461	126.223.736	124.104.522	121.985.308	116.626.470
Saídas de Caixa Operacionais (R\$)	122.230.574	118.787.568	118.710.633	118.877.399	116.395.053
Período (Anos)	1	2	3	4	5
Taxa de desconto	11,98%	11,98%	11,98%	11,98%	11,98%
<b>Fluxo de caixa descontado (R\$)</b>	<b>10.110.633</b>	<b>5.930.185</b>	<b>3.841.321</b>	<b>1.976.544</b>	<b>131.429</b>

## Apêndice C – Resultados para o cálculo do VE – 2012 a 2016

ANO	2012	2013	2014	2015	2016
<b>OPERAÇÃO</b>					
Volume da usina (ton)	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Taxa de utilização da usina	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%	98,0%
Produção (toneladas)	98.000	98.000	98.000	98.000	98.000
<b>DADOS DE CONVERSÃO</b>					
Densidade do biodiesel (kg/litro)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Densidade do etanol (kg/litro)	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
<b>DADOS ESTIMADOS</b>					
Taxa (US\$/R\$)	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Preço esperado do etanol (US\$/litro)	0,52	0,52	0,51	0,50	0,50
Desvio padrão do etanol (US\$/litro)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Preço esperado do óleo (US\$/kg)	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Desvio padrão do óleo (US\$/kg)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Preço esperado do petróleo (US\$/barril)	61,00	61,00	61,00	60,00	60,00
Desvio padrão do petróleo (US\$/barril)	15,30	15,30	15,30	15,30	15,30
Inflação (%a.a.)	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%
<b>NUMEROS ALEATÓRIOS</b>					
Número aleatório para o etanol	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Número aleatório para o óleo	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Número aleatório para o petróleo	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
<b>DADOS CALCULADOS</b>					
Preço do etanol (US\$/kg)	0,66	0,66	0,65	0,63	0,63
Preço do óleo (US\$/kg)	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Preço do petróleo (US\$/barril)	61,00	61,00	61,00	60,00	60,00
Preço do biodiesel (US\$/kg)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Preço da glicerina (US\$/kg)	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30
<b>DESPESAS (R\$/ton de biodiesel)</b>					
Custo do etanol (110,0 kg)	130,33	130,33	127,82	125,32	125,32
Custo do óleo (993,3 kg)	941,71	941,71	941,71	941,71	941,71
Outras despesas	120,29	125,11	130,11	135,31	140,73
Depreciação (10 anos)	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
<b>Total</b>	<b>1.224,33</b>	<b>1.229,14</b>	<b>1.231,64</b>	<b>1.234,34</b>	<b>1.239,75</b>
<b>RECEITAS (R\$/ton de biodiesel)</b>					
Receita com glicerina (117,0 kg)	80,03	75,82	71,60	67,39	63,18
Receita bruta com biodiesel (1000,0 kg)	1.089,00	1.089,00	1.089,00	1.072,17	1.072,17
<b>Total</b>	<b>1.169,03</b>	<b>1.164,81</b>	<b>1.160,60</b>	<b>1.139,56</b>	<b>1.135,35</b>
<b>RESULTADO ANUAL</b>					
Receitas Operacionais (R\$)	114.564.532	114.151.756	113.738.980	111.677.042	111.264.266
Despesas Operacionais (R\$)	119.984.470	120.456.023	120.700.819	120.965.231	121.495.664
<b>LAJIR (R\$)</b>	<b>(5.419.938)</b>	<b>(6.304.268)</b>	<b>(6.961.839)</b>	<b>(9.288.189)</b>	<b>(10.231.398)</b>
Custo da dívida de 11,76%a.a. (R\$)	3.010.560	3.010.560	3.010.560	3.010.560	3.010.560
<b>LAIR (R\$)</b>	<b>(8.430.498)</b>	<b>(9.314.828)</b>	<b>(9.972.399)</b>	<b>(12.298.749)</b>	<b>(13.241.958)</b>
IR (Aliquota de 15%) (R\$)	-	-	-	-	-
<b>Lucro Líquido (R\$)</b>	<b>(8.430.498)</b>	<b>(9.314.828)</b>	<b>(9.972.399)</b>	<b>(12.298.749)</b>	<b>(13.241.958)</b>
<b>FLUXO DE CAIXA ANUAL</b>					
Entradas de Caixa Operacionais (R\$)	114.564.532	114.151.756	113.738.980	111.677.042	111.264.266
Saídas de Caixa Operacionais (R\$)	116.848.470	117.320.023	117.564.819	117.829.231	118.359.664
Período (Anos)	6	7	8	9	10
Taxa de desconto	11,98%	11,98%	11,98%	11,98%	11,98%
<b>Fluxo de caixa descontado (R\$)</b>	<b>(1.158.355)</b>	<b>(1.434.956)</b>	<b>(1.547.401)</b>	<b>(2.222.110)</b>	<b>(2.288.612)</b>

## **Anexo A – Legislação**

### **Decretos**

#### Decreto de 23 de dezembro de 2003

Instituí a Comissão Executiva Interministerial encarregada da implantação das ações direcionadas à produção e ao uso de óleo vegetal - biodiesel como fonte alternativa de energia.

#### Decreto nº 5.298, de 06 de dezembro de 2004

Altera a alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados incidente sobre o produto que menciona, o biodiesel, para 0%.

#### Decreto nº 5.448, de 20 de maio de 2005

Regulamenta o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, e dá outras providências. No Art. 1º autoriza a adição de 2%, em volume, de biodiesel ao óleo diesel de origem fóssil a ser comercializado com o consumidor final, em qualquer parte do território nacional.

#### Decreto nº 5.457, de 06 de junho de 2005

Reduz as alíquotas da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins incidentes sobre a importação e a comercialização de biodiesel. No Parágrafo Único do Art. 3º define que “(...) as alíquotas de Contribuição para o PIS/Pasesp e da Cofins incidentes sobre a importação e sobre a receita bruta auferida com a venda de biodiesel no mercado interno ficam reduzidas, respectivamente, para R\$ 38,89 (trinta e oito reais e oitenta e nove centavos) e R\$ 179,07 (cento e setenta e nove reais e sete centavos) por metro cúbico”.

### **Leis**

#### Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005

Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Define as atribuições da ANP – Agência Nacional de Petróleo – no Art. 8º, conforme descrito nos parágrafos a seguir.

- Inciso I. Implementar a política nacional de petróleo e gás natural, com ênfase na garantia do suprimento de derivados de petróleo e de bicompostíveis; e a proteção dos interesses dos consumidores quanto a preço, qualidade e oferta de produtos.
- Inciso XVI. Regular e autorizar as atividades relacionadas à produção, importação, exportação, armazenagem, estocagem, distribuição, revenda e comercialização do biodiesel, fiscalizando-as diretamente ou mediante convênios com outros órgãos da União, Estados, Distrito Federal ou Municípios.
- Inciso XVII. Especificar a qualidade dos derivados de petróleo, gás natural e seus derivados e dos bicompostíveis.

#### Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005

Dispõe sobre o Registro Especial, na Secretaria da Receita Federal do Ministério da Fazenda, de produtor ou importador de biodiesel e sobre a incidência da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins sobre as receitas decorrentes da venda desse produto; altera as Leis nos 10.451, de 10 de maio de 2002, e 11.097, de 13 de janeiro de 2005; e dá outras providências.

#### **Resoluções**

##### Resolução ANP nº 41, de 24 de novembro de 2004

Institui a regulamentação e obrigatoriedade de autorização da ANP – Agência Nacional de Petróleo – para o exercício da atividade de produção de biodiesel. Define o Produtor de biodiesel e suas obrigações.

Produtor de biodiesel: empresa, cooperativa ou consórcio de empresas autorizado pela ANP a exercer a atividade de produção de biodiesel. Suas obrigações são: atender aos requisitos de qualidade de produtos especificados nas Resoluções da ANP; comercializar produto acompanhado de Certificado de Qualidade de acordo com a especificação brasileira para biodiesel em laboratório próprio ou terceirizado; e enviar mensalmente à ANP informações sobre movimentação de matérias-primas e de produtos.

##### Resolução ANP nº 42, de 24 de novembro de 2004

Estabelece a especificação para a comercialização de biodiesel que poderá ser adicionado ao óleo diesel. Define o biodiesel B100 como “(...) combustível composto de alquil ésteres de ácidos graxos oriundos de óleos vegetais ou gorduras animais, designado

B100 observando atendimento ao Regulamento Técnico ANP nº4/2004 (...)"". Na Tabela 5.1 é possível ver as principais características requeridas pela Resolução.

Além disso, estabelece que distribuidores e refinarias podem realizar a mistura do biodiesel ao óleo diesel; e estabelece a exigência da Certificação do biodiesel para comercialização em laboratório próprio ou terceirizado.

Define que os produtores e importadores de biodiesel devem obrigatoriamente enviar com periodicidade mensal à ANP resultados de ensaios de qualidade, volumes comercializados e matérias-primas utilizadas e, trimestralmente, enviar dados das análises específicas referenciadas.

Resolução ANP nº 31, de 04 de novembro de 2005

Regula a realização de leilões públicos para a aquisição de biodiesel.