

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU – MESTRADO EM  
ENERGIA NA AGRICULTURA – PPGEA**

**JOSEFA MORENO DELAI**

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E ECONÔMICA DA OBTENÇÃO DE  
BIODIESEL DE SOJA NO OESTE DO PARANÁ**

**CASCABEL  
PARANÁ-BRASIL  
SETEMBRO - 2012**

**JOSEFA MORENO DELAI**

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E ECONÔMICA DA OBTENÇÃO DE  
BIODIESEL DE SOJA NO OESTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Orientador Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira  
Co-orientador: Dr. Carlos Eduardo Nogueira

**CASCADEL  
PARANÁ - BRASIL  
SETEMBRO – 2012**

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária  
UNIOESTE/Campus de Toledo.

Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB - 9/924

Delai, Josefa Moreno

D334a Avaliação energética e econômica da obtenção de biodiesel de soja  
no Oeste do Paraná / Josefa Moreno Delai. -- Cascavel, PR : [s. n.], 2012.

53 f. : il., tabs., (algumas color.) ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Nogueira

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de  
Cascavel. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Programa de Pós-Graduação  
Stricto Sensu em Energia na Agricultura.

1. Agricultura e energia 2. Biodiesel de soja 3. Biodiesel – Aspectos  
econômicos 4.. Biocombustíveis 5. Fontes alternativas de energia 6. Combustíveis  
alternativos 7. Energia – Consumo – Paraná, Oeste 8. Viabilidade econômica I.  
Siqueira, Jair Antonio Cruz, Orient. II. Nogueira, Carlos Eduardo, Orient III. T.

CDD 20. ed. 662.6  
665.3

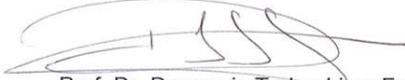
JOSEFA MORENO DELAI

**“Avaliação energética e econômica da obtenção  
de biodiesel de soja no oeste do Paraná”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada** pela seguinte Banca Examinadora:

  
Orientador: Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel

  
Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel

  
Prof. Dr. Dermanio Tadeu Lima Ferreira  
Faculdade Assis Gurgacz – FAG/Cascavel

Cascavel, 14 de setembro de 2012.

## EPÍGRAFE

Só fazemos melhor aquilo que repetidamente  
insistimos em melhorar.  
A busca da excelência não  
deve ser um objetivo,  
e sim um hábito.  
**Aristóteles**

Ao meu esposo **Valmor** pelo incentivo e apoio.  
Aos meus filhos, **Pedro Henrique** e **Mariana**, pela alegria de tê-los compartilhando  
comigo esta conquista.  
Aos meus pais **Francisco** e **Hilda**, pelo exemplo de vida.

**Dedico,**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por sempre estar presente na minha vida dando força para seguir em frente e superar todas as dificuldades.

Ao Prof. Dr. Jair Antonio Siqueira Cruz, pela orientação, “amor no coração” e ensinamentos;

Ao Professor Co-orientadores Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira, pelos ensinamentos e contribuições no desenvolvimento da pesquisa;

Ao Professor Dr. Reginaldo Ferreira Santos pela admirável solicitude e informações disponibilizadas;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, pelo apoio durante o mestrado;

Ao Centro de Difusão de Tecnologias da Faculdade Assis Gurgacz, pelo apoio e disponibilização de dados;

A FAG - Faculdade Assis Gurgacz, em especial à pessoa do professor e colega Cornélio Primieri pela ajuda e disponibilidade da área experimental para a realização do trabalho.

Aos amigos que me incentivaram para esta realização: Andrea Togoni, Leda Paes Walcker, Luciana Ferraz, Leocir Junior Ribeiro, Tânia Smaniotto, Ricardo Pacheco Bonometo, Valdinei Mateus Baldin pelas valiosas sugestões que engrandeceram os resultados e a discussão desta dissertação.

À todos os colegas do mestrado pelo companheirismo, amizade, incentivo e cooperação.

À assistente da coordenação Vanderléia Luzia Stockmann Schmidt, pela amizade e auxílio durante a realização do mestrado;

Finalmente, agradeço a todos que de alguma forma, corroboraram na concretização deste trabalho.

Muito Obrigada!

## ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS .....	ix
ABSTRACT .....	xii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 Matriz Energética Brasileira .....	3
2.2 Biodiesel .....	3
2.2.1 Aspectos da produção do Biodiesel .....	4
2.2.2 Matérias-Primas Para a Produção do Biodiesel.....	7
2.3 Soja no Brasil.....	10
2.3 Balanço Energético.....	12
2.4 Viabilidade Econômica.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1 Material .....	15
3.1.1 Caracterização da área de estudo .....	15
3.1.2 Fonte dos Dados.....	16
3.2 Métodos .....	17
3.2.1 Balanço Energético da produção de Biodiesel de Soja .....	17
3.2.2 Produção Agrícola .....	18
3.2.3 Determinação da energia consumida da mão de obra .....	18
3.2.4 Combustível, óleo lubrificante e graxa .....	20
3.2.5 Máquinas e implementos .....	20
3.2.6 Fertilizantes.....	22
3.2.7 Defensivos .....	22
3.2.8 Sementes.....	22
3.2.9 Etapa de Extração .....	23
3.2.10 Gasto Energético do Grão de Soja .....	23
3.2.11 Gasto Energético do Óleo de Soja.....	23
3.2.12 Gasto Energético Farelo de Soja .....	24
3.2.13 Consumo Energético na Produção do Biodiesel.....	24
3.2.14 Lenha .....	25

3.2.15	Catalisador.....	25
3.2.16	Metanol.....	25
3.2.17	Óleo de Soja.....	25
3.2.18	Eletricidade.....	25
3.2.19	Glicerina.....	26
3.2.20	Biodiesel.....	26
3.3	Análise Econômica.....	26
3.3.1	Investimento Inicial.....	26
3.3.2	Análise Econômica dos Sistemas de Produção.....	27
3.3.3	Valor Presente Líquido (VPL).....	28
3.3.4	PAYBACK.....	28
3.3.5	Taxa Interna de Retorno (TIR).....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1	Consumo Energético na Semeadura e Adubação.....	30
4.1.2	Consumo Energético na Aplicação de Defensivos.....	31
4.1.3	Consumo Energético na Colheita.....	32
4.1.4	Consumo Energético da Produção de Soja.....	33
4.1.5	Balanço Energético da Produção de Soja.....	33
4.1.6	Balanço Energético da Extração de Óleo de Soja.....	34
4.1.7	Balanço Energético da Produção de Biodiesel de Soja.....	35
4.1.8	Balanço Energético das Etapas para a Produção de Biodiesel de Soja.....	36
4.2	Análise Econômica.....	38
4.2.2	Fluxo de Caixa.....	39
4.2.3	Cálculo do PAYBACK.....	40
4.2.4	Calculo do Valor Presente Líquido (VPL).....	40
4.2.5	Taxa Interna de Retorno (TIR).....	41
5	CONCLUSÕES.....	42
6	REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
	ANEXOS.....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Oferta de energia no Brasil.....	03
Tabela 2	Comparação das rotas metilica e etilica.....	07
Tabela 3	Gasto de energia por tipo de trabalho.....	19
Tabela 04	Maquinas e Equipamentos.....	20
Tabela 05	Coeficientes energéticos da produção de biodiesel de soja.....	24
Tabela 06	Entradas de energia na operação de semeadura e adubação, MJ.ha <sup>-1</sup> .....	29
Tabela 07	Entrada de energia, em MJ.ha <sup>-1</sup> , na operação de aplicação de herbicida, fungicida e inseticida.....	30
Tabela 08	Entradas de energia, em MJ.ha <sup>-1</sup> , participações na colheita.....	31
Tabela 09	Consumo energético na produção de soja em sistema de plantio direto, MJ.ha <sup>-1</sup> .....	32
Tabela 10	Estrutura de dispêndios, por tipo, fonte e forma; entradas culturais, saídas úteis, energia cultural líquida, eficiência cultural da produção de soja, eficiência cultural e balanço energético da produção de soja.....	33
Tabela 11	Balanço energético da produção de soja.....	34
Tabela 12	Balanço energético do biodiesel de soja.....	34
Tabela 13	Balanço energético da produção de biodiesel de soja.....	35
Tabela 14	Investimento Inicial.....	37
Tabela 15	Custos por litro de Biodiesel produzido.....	37
Tabela 16	Fluxo de Caixa Operacional.....	48
Tabela 17	Calculo do Payback.....	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxograma do processo de produção de biodiesel através da transesterificação.....	06
Figura 2	Capacidade de Processamento de Óleos Vegetais, por Estados Brasileiros.....	10
Figura 3	Mapa do Paraná com a localização de Cascavel.....	15
Figura 4	Mapa Localização de Cascavel e demais cidades.....	16
Figura 5	Balanco energético de biodiesel de soja.....	35

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\text{CO}_2$	Dióxido de carbono
$\text{g.kWh}^{-1}$	Gramas por quilowatt-hora (unidade de consumo específico)
ha	Hectare
HCl	Ácido clorídrico
$\text{kg/m}^3$	Massa específica
KOH	Hidróxido de Potássio
Kg	Quilograma
$\text{Kg.ha}^{-1}$	Quilogramas por hectare
kW	Unidade de potência no SI
kWh	quilowatt-hora
MJ/kg	Megajoule por quilograma
MJ	Megajoules
Mg	Miligrama (unidade de massa).
ml	Mililitro (unidade de volume).
m/m	Massa/massa
NaOH	Hidróxido de Sódio.
$\text{P}_2\text{O}_5$	Pentóxido de fósforo.

## RESUMO

Este trabalho apresenta o resultado de uma pesquisa que teve por objetivo a avaliação energética e econômica do biodiesel produzido com óleo de soja no Oeste do Estado do Paraná. A metodologia consistiu na determinação do consumo energético e da viabilidade econômica da produção do biodiesel. O consumo energético foi realizado considerando-se as etapas envolvidas, desde a semeadura da soja até a obtenção do biodiesel puro (B100). A viabilidade econômica foi determinada considerando-se que o óleo de soja foi adquirido do produtor rural, avaliando-se a viabilidade econômica até a produção final do biodiesel. A metodologia para a avaliação econômica baseou-se no fluxo de caixa, utilizando-se como indicadores o valor presente líquido, a taxa interna de retorno, a TIR e o período de retorno de capital, considerando-se uma taxa de atratividade mínima de 12% ao ano. Os principais resultados obtidos permitiram concluir que a etapa da semeadura da soja apresentou o maior consumo energético, com 76% do consumo de energia total para a produção de biodiesel. Concluiu-se, também, que a produção de biodiesel de soja apresenta viabilidade econômica, uma vez que taxa interna de retorno apresentou o valor de 22,68% ano.

Palavras Chave: consumo energético, viabilidade econômica, biodiesel de soja

## ABSTRACT

This paper presents the results of a survey that aimed to energy assessment and cost of biodiesel produced from soybean oil in western Paraná State. The methodology consisted in determining the energy use and economic feasibility of biodiesel production. The energy consumption was performed considering the steps involved, from planting soybeans to obtain pure biodiesel (B100). The economic viability was determined considering that soybean oil was purchased from the farmer, to evaluate the economic feasibility to final production of biodiesel. The methodology for the economic evaluation was based on cash flow, using indicators such as net present value, internal rate of return, IRR and payback period of capital, considering a minimum hurdle rate of 12% years. The main results showed that the stage of soybean planting had the highest energy consumption, with 76% of total energy consumption for the production of biodiesel. We conclude also that the production of biodiesel from soybean has economic viability, since internal rate of return presented the value of 22.68% per year.

**Keywords:** energy consumption, economic viability, soybean biodiesel

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar do recente destaque que o uso energético de óleos vegetais vem recebendo nas mídias nacional e internacional, a ideia é antiga. Inicialmente foi sugerida no final do século XIX por Rudolph Diesel, inventor do motor a combustão por compressão interna. Rudolph utilizou em seus ensaios: petróleo, álcool e óleo de amendoim, como combustíveis (KNOTHE et al, 2006). No entanto, na época, devido ao baixo custo e alta disponibilidade, o petróleo consagrou-se na matriz energética mundial como principal fonte de combustíveis líquidos.

No entanto, com a crescente preocupação com o meio ambiente e, especificamente, com as mudanças climáticas globais, tem questionado a própria sustentabilidade do atual padrão de consumo energético.

Assim, a busca por combustíveis alternativos vem ganhando destaque nas últimas décadas. Neste contexto, os biocombustíveis estão sendo apresentados como a alternativa para geração de energia renovável com menor grau de poluição e passivo ambiental.

O biodiesel é um combustível renovável derivado de óleos vegetais, é produzido através do processo de transesterificação, que remove a glicerina do óleo (Biodieselbr, 2011). O biodiesel pode ser produzido de óleos vegetais, a gordura animal, os óleos e gorduras residuais (PAULILLO, et al., 2007).

O Brasil apresenta grande variedade de produção de oleaginosas, para a produção do biodiesel, com extensa área territorial e clima tropical. No Brasil, a soja, é hoje a principal matéria-prima para a produção do biodiesel e representa sozinha 90% da produção brasileira de óleos vegetais. Possui grande variedade e condições de cultivo amplamente diversificado, e adaptado às várias regiões do país, apresentando um sistema produtivo organizado. (CÂMARA, 2006).

No entanto, percebe-se que são muitos os desafios para impulsionar a produção de biodiesel no país. Em especial, destacam-se a necessidade de pesquisas devido à diversidade de matérias-primas, processos e usos para o biodiesel.

Além da existência da tecnologia de produção, dois outros fatores determinam a viabilidade de qualquer combustível: o custo econômico e o balanço energético.

Assim, justifica-se a realização desse o estudo, pois o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja. Atualmente a produtividade média da soja brasileira é de 2.941 kg, por hectare, alcançando cerca de 3.036 kg.ha<sup>1</sup> no Estado do Mato Grosso, maior produtor brasileiro de soja, e de cerca de 3.148 kg. ha<sup>1</sup>no Estado do Paraná, segundo maior produtor de soja do Brasil (EMBRAPA SOJA, 2011).

O objetivo desse estudo foi avaliar o consumo energético e a viabilidade econômica da produção do biodiesel de soja na Cidade de Cascavel no Oeste do Estado do Paraná.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Matriz Energética Brasileira

O Brasil possui a matriz energética com maior índice de fontes renováveis do mundo. Segundo o Ministério de Minas e Energia (2008), a oferta interna de energia para o ano de 2007 foi de 45,9% para as fontes renováveis, conforme (Tabela1). Entretanto, as fontes não renováveis apresentaram uma oferta interna, em 2007, de 54,1%.

**Tabela 1** - Oferta de energia no Brasil

Especificação	Estrutura (%)	
	2006	2007
<b>Não Renovável</b>	<b>55,0</b>	<b>54,1</b>
Petróleo	37,8	37,4
Gás Natural	9,6	9,3
Carvão Mineral	6,0	6,0
Nuclear	1,6	1,4
<b>Renovável</b>	<b>45,0</b>	<b>45,9</b>
Hidráulica	14,8	14,9
Carvão Vegetal	12,6	12,0
Cana-de-açúcar (Derivados)	14,6	15,8
Outras Renováveis	3,0	3,2
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Ministério de Minas e Energia - MME (2008)

O crescimento na utilização é dado à necessidade de alternativas à utilização de combustíveis fósseis. Para Rocha (2007), a utilização de combustíveis derivados da biomassa, vem sendo uma alternativa energética ambientalmente correta ou, no mínimo, menos impactante.

### 2.2 Biodiesel

Para Knothe et al. (2006) o biodiesel é produzido a partir de matérias-primas como óleos vegetais, gorduras animais, óleos usados em frituras e matérias graxas de alta acidez.

Conforme Oliveira (2001), o uso de óleos vegetais em motores de combustão interna iniciou-se com Rudolf Diesel utilizando óleo de amendoim em 1900. Razões de natureza econômica levaram ao completo abandono dos óleos vegetais como combustíveis à época. Entretanto, na década de 70, o mercado de petróleo foi marcado por dois súbitos desequilíbrios entre oferta e demandas mundiais conhecidos como 1º e 2º Choques do Petróleo. Em respostas a estas crises, o mercado sentiu a necessidade de diminuir a dependência do petróleo, levando ao investimento no desenvolvimento de tecnologia de produção e uso de fontes alternativas de energia.

Com o objetivo de usar fontes alternativas de energia redutoras de poluição, capazes de gerar empregos e com custos competitivos, o biodiesel apresenta-se como candidato natural a um programa global e que também vem ganhando espaço nas discussões energéticas do Brasil. A Agência Nacional do Petróleo do Brasil definiu, através da portaria 225 de setembro de 2003, o biodiesel como o conjunto de ésteres de ácidos graxos oriundos de biomassa, que atendam às especificações determinadas para evitar danos aos motores.

O biodiesel passou a ser mais divulgado no Brasil através do Probi biodiesel (Programa Brasileiro de Desenvolvimento Tecnológico de Biodiesel, 2002), criado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia. A tradição agrícola e a pesquisa voltaram-se para a produção deste combustível e tem se mostrado viável pela grande extensão territorial para plantação.

### **2.2.1 Aspectos da produção do Biodiesel**

Existem outros combustíveis alternativos para motores a diesel que são derivados de óleos vegetais puros, misturados com óleo diesel ou álcool. No entanto, o biodiesel é uma das alternativas mais aceitas, considerando que suas propriedades são semelhantes à do próprio óleo diesel, juntamente com o etanol anidro (YUSTE & DORADO, 2006). Assim sendo, o biodiesel se tornou a grande promessa de alternativa aos combustíveis derivados do petróleo.

O biodiesel pode ser usado em qualquer concentração com o óleo diesel de petróleo nos motores diesel atuais, com pouca ou nenhuma modificação. Pode ser

utilizado em seu estado puro ou mesmo misturado com o diesel, o que traz vantagem para o seu uso, e é extremamente adaptável aos motores de ciclo diesel (ASSUMPÇÃO, 2006).

Com o objetivo de desenvolver economicamente, socialmente e ambientalmente, a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional, o Presidente da República, através da Lei. N. 11.097, de 13 de janeiro de 2005, publicou no Diário da União em 14 de janeiro de 2005, a obrigatoriedade da adição de biodiesel ao óleo diesel, sendo fixado em 5% o percentual mínimo obrigatório de adição ao consumidor final. O prazo para introdução do percentual mínimo de 2% iniciou-se em 2008, após 3 anos da publicação desta Lei, em 2013 pretende-se chegar em 5% de a adição (Brasil, Lei 11.097.2005).

Convencionou-se rotular as misturas de biodiesel em óleo diesel com a letra maiúscula B seguida por um valor numérico no intervalo de 0 a 100 que representa o percentual volumétrico de biodiesel na mistura. As notações B0 e B100 designam respectivamente o óleo diesel e o biodiesel. A expressão B5, por exemplo, refere-se à mistura cujo volume contém 5% de biodiesel e 95% de óleo diesel (BRASIL, 2005). Assim, a nomenclatura usada pela Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2011), para as misturas biodiesel/diesel é respectivamente: B2= 2%; B5, 5%; B20=20% e B100=100%.

Para a produção do biodiesel, podem ser utilizadas duas diferentes tecnologias: a transesterificação e o craqueamento (SEBRAE, 2006).

Para Rocha (2007), o método mais usado para a produção de biodiesel é a transesterificação de óleos e gorduras vegetais ou animais. O processo de transesterificação emprega catalisadores alcalinos, ácidos ou enzimáticos e etanol ou metanol. Para a tomada de decisão quanto ao uso de catálise básica ou ácida deve-se observar qual matéria prima será utilizada. Em meio alcalino, os triglicérides reagem com um álcool, etanol ou metanol, e assim há a produção de glicerina e ésteres dos ácidos graxos componentes do óleo vegetal (BRASIL, 2005).

A transesterificação é o processo de separação do glicerol do triglicídio. Cerca de 20% de uma molécula de óleo vegetal é formada por glicerina. A molécula de óleo vegetal é formada por três ésteres ligados a uma molécula de glicerina, o que faz dele um triglicídio. A glicerina torna o óleo mais denso e viscoso. Durante o

processo de transesterificação, a glicerina é removida do óleo vegetal, deixando o óleo mais fino e reduzindo sua viscosidade (BIODIESELBR, 2006).



**Figura 1:** Fluxograma do processo de produção de biodiesel através da transesterificação

**Fonte:** Parente (2003)

O fluxograma apresenta o processo de produção de biodiesel através da transesterificação. A matéria-prima que entra no processo é preparada, transforma-se em óleo ou gordura e entra em processo de transesterificação. Há um catalisador (NaOH ou KOH), que entra nesse processo neste momento. Depois da reação, há a separação de 2 fases: a primeira é a fase pesada, que passa pela recuperação de álcool de glicerina, passando a glicerina bruta, tendo a destilação da glicerina, resultando em resíduo glicérico ou glicerina destilada; a segunda é a fase leve, onde acontece a recuperação do álcool dos ésteres e em seguida a purificação dos ésteres, resultando no biodiesel. O excesso de álcool recuperado é desidratado, que se transforma em álcool etílico ou metílico e ainda metanol ou etanol, que entra na reação da transesterificação (PARENTE, 2003).

**Tabela 2 - Comparação das rotas metílica e etílica**

Quantidade e Condições Usuais Medias Aproximadas	Rotas do processo	
	Metílica	Etílica
Quantidade consumida por Álcool por 1000/L de biodiesel	90 kg	130 kg
Preço Médio do Álcool, US\$/kg	190	360
Excesso Recomendável de Álcool, recuperável, por destilação, após reação.	100%	650%
Temperatura Recomendada de Reação	60 <sup>o</sup> C	85 <sup>o</sup> C
Tempo de Reação	45min	90min.

Fonte: Parente (2003)

Para Parente (2003), a principal vantagem da rota etílica frente a metílica é a oferta do álcool, de forma disseminada em todo território nacional. Assim, os custos diferenciais de fretes, para o abastecimento de etanol versus metanol, em certas situações, podem influenciar na opção por um ou outro. Sob o ponto de vista ambiental, o uso do etanol derivado da cana-de-açúcar, por exemplo, leva vantagem sobre o do metanol quando este último é obtido de derivados do petróleo. No entanto, é importante considerar que o metanol pode ser produzido a partir da biomassa, quando essa suposta vantagem ecológica do etanol pode desaparecer. O biodiesel nos demais países tem sido obtido via metanol

### 2.2.2 Matérias-Primas Para a Produção do Biodiesel

O biodiesel é um combustível que pode ser obtido de diversas matérias-primas, como por exemplo: óleos vegetais, gordura animal, óleos e gorduras residuais (PAULILLO, et al., 2007).

De acordo com Câmara (2006), existe a subdivisão das classes, de acordo com cada matéria prima para a produção do biodiesel:

- Óleos vegetais: na temperatura ambiente são encontrados no estado líquido (óleo de amendoim, babaçu e canola);
- Gorduras animais: na temperatura ambiente são pastosas (sebo bovino, óleo de peixe, banha de porco e outros);
- Óleos e gorduras residuais: são as que se encontram habitualmente no meio urbano (óleo de fritura e gordura de esgoto).

Cada espécie oleaginosa apresenta características específicas, isto se deve principalmente, pela região onde foi cultivada, e também das condições climáticas e do tipo de solo. Assim, apresentam diferentes percentuais de óleo em seu grão, ou amêndoa. Quanto a produtividade, está relacionada às tecnologias que foram utilizadas para o cultivo, a qualidade da semente e às tecnologias do processo de produção adotado (BRASIL 2006).

No momento da escolha da cultura para a produção de biodiesel, não se deve considerar apenas o aspecto agrônômico das culturas. Mas, levar em conta também os aspectos industrial, econômico, ambiental e social, sendo importante o aproveitamento das potencialidades e características específicas de cada região brasileira para produção desse combustível alternativo (BRASIL, 2010).

A escolha da melhor matéria-prima a ser cultivada para a produção do biodiesel em uma determinada região do país depende de uma série de aspectos agrônômicos, tais como: o teor em óleos vegetais, a produção por unidade de área, o equilíbrio agrônômico, os diferentes sistemas de produção, a sazonalidade, a sua capacidade de adaptação a região e qual será o impacto socioambiental para o seu desenvolvimento (CÂMARA, 2006), Como também, as suas competitividades técnica, econômica e socioambiental.

Especificamente no Brasil existe uma extensa área geográfica, com climas tropical e subtropical favoráveis à plantação de diversas culturas agrícolas. Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento no ano de 2006, existem no Brasil, 90 milhões de hectares de terras agricultáveis ainda não exploradas. Das terras agricultáveis utilizadas, somam-se, 282 milhões de hectares, divididos em: 42 milhões de hectares com culturas anuais entre grãos e fibras, destes 42 milhões, em apenas 7 milhões é plantada a safrinha para a produção de biodiesel; 15 milhões de hectares de culturas perenes; 6,5 milhões de hectares para o cultivo da cana-de-açúcar e 220 milhões de hectares para pastagens (JASPER, 2009).

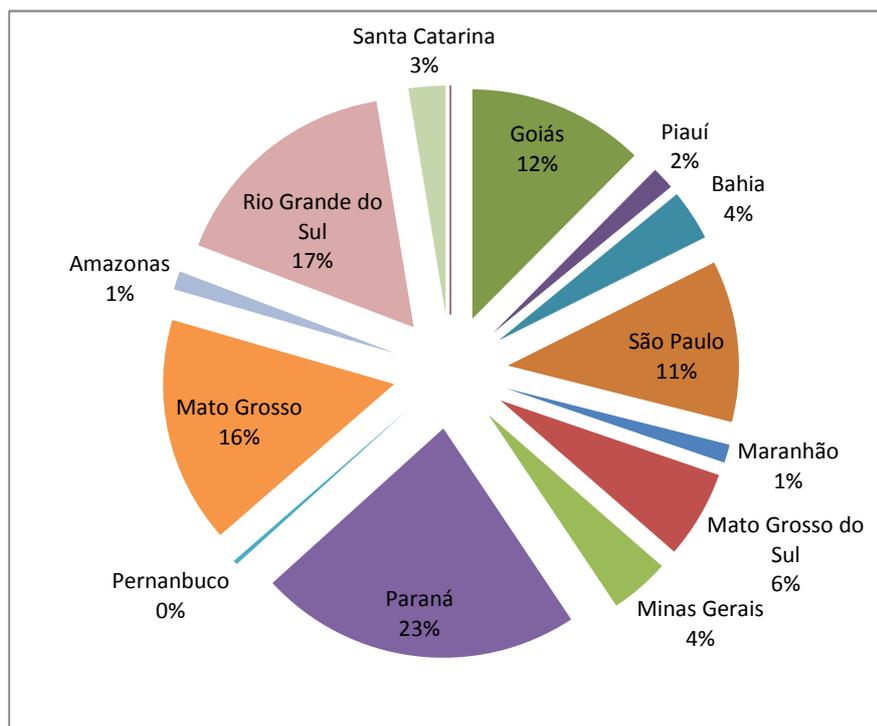
As principais matérias-primas do biodiesel no Brasil são respectivamente: a soja (que representa sozinha 90% da produção brasileira de óleos vegetais), o milho, o girassol, o amendoim, o algodão, a canola, a mamona, o babaçu, a palma (dendê) e a macaúba. Destaca-se que muitas culturas no Brasil têm ainda um

caráter extrativista, enquanto outras apresentam baixos índices de tecnologia em seu cultivo (PAULILLO, et al, 2007).

O mercado mundial de óleos vegetais é composto principalmente por produtos obtidos de quatro oleaginosas: palma, soja, colza e girassol. No ano de 2006, a produção mundial de óleos vegetais foi de 124,3 milhões de toneladas, aumentando 5% em relação a 2005. Os óleos de palma e soja atenderam 60% do mercado de óleo vegetal do mundo, e os de colza e girassol, 15% e 9%, respectivamente. No Brasil, a soja corresponde sozinha por mais de 90% do total de óleo vegetal produzido, seguida pelo algodão, dendê, mamona e linhaça (ANP 2011).

Cada Estado e Região do Brasil possuem características próprias, desenvolvendo cadeias produtivas de diferentes óleos vegetais, conforme matérias primas disponíveis na região, e adaptação das culturas a região. Na região Norte há predomínio de biodiesel destinado de dendê, babaçu, soja e gordura animal; para o Nordeste babaçu, soja, mamona, dendê, algodão, coco, gordura animal e óleo de peixe; para o Sul soja, colza, girassol, algodão, gordura animal e óleos de peixes; para o Sudeste soja, mamona, algodão, gordura animal e óleos de peixes. (FGV e UBRABIO, 2010).

Pode ser observado a capacidade de processamento de óleo dos Estados do Paraná (23%), Rio Grande do Sul (17%) e Mato Grosso (16%), conforme Figura 2. O Estado do Paraná está em primeiro lugar no ranking nacional em capacidade de processamento de óleos vegetais.



**Figura 2** - Capacidade de Processamento de Óleos Vegetais, por Estados Brasileiros.  
Fonte: adaptado, ABIOVE (2010)

### 2.3 Soja no Brasil

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), pertence a classe Dicotyledoneae, subclasse Archichlamydae, ordem Leguminosinae, família Fabaceae, subfamília Papilionoideae e tribo Phaseolae. É uma herbácea, ereta, anual e de crescimento morfológico diversificado, variando de 0,3 a 2,0 m de altura, com ciclo de 80 a 200 dias aproximadamente, dependendo da variedade e condições ambientais (SEDIYAMA et al., 1993).

A soja é uma das principais fontes de proteína e óleo vegetal do mundo, utilizada na alimentação humana e animal, devido ao seu elevado teor de proteínas, cerca de 40% (EMBRAPA, 2010). O crescimento da produção de soja no Brasil determinou uma série de mudanças no país; acelerando a mecanização da agricultura brasileira, a modernização do sistema de transportes, a expansão da fronteira agrícola, a profissionalização e incremento do comércio nacional e internacional, a modificação e enriquecimento da dieta alimentar dos brasileiros, a aceleração da urbanização do país, a tecnificação de outras culturas assim, como, impulsionou e interiorizou a agroindústria nacional (DALL'AGNOL E HIRAKURI, 2008).

Atualmente a produtividade média da soja brasileira é de 2.947kg por hectare, podendo alcançar cerca de 3.036 kg.ha<sup>1</sup> no Estado do Mato Grosso, o maior produtor brasileiro de soja, é de cerca de 3.148 kg. ha<sup>1</sup> no Estado do Paraná, segundo maior produtor de soja do Brasil (IBGE, 2011).

Segundo a Embrapa (2011) o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja com uma produção de 75 milhões de toneladas. Sendo o Paraná o segundo maior produtor de soja brasileiro com 15,4 milhões de toneladas.

Observa-se que na safra 2011/12, a área de plantio projetada pela CONAB (2011) deve totalizar 24,998 milhões de hectares, 3,4% a mais que na safra anterior, de 24,2 milhões de toneladas. Além disso, as projeções são ampliadas de abril em relação à safra anterior para (24,972 milhões/he).

De acordo com os dados do IBGE (2011), o Estado do Mato Grosso é o maior produtor de soja do Brasil, em 2010, plantou uma área de 6,4 milhões de hectares e produziu 20,4 milhões de toneladas do grão, a produtividade do Estado chegou a 3.190kg/ha, o Estado do Paraná é o segundo maior produtor do grão; a produção chegou a 15,4 milhões de toneladas, com um total de 4,6 milhões/ha, com uma produtividade de 3.360 kg/ha.

Ressalta Schlesinger (2004), que do total da produção de soja do Brasil, 40% são destinadas à exportação em grãos, principalmente para a Europa e China. Os 60% restantes, são esmagados, na grande maioria em prensagem a quente com uso de solvente (hexano) onde 20% deste montante são transformados em óleo vegetal, 77% em farelo para produção de ração animal e o restante em outras formas de alimentação. Aproximadamente 80% do óleo vegetal se soja produzido no Brasil são destinados ao mercado interno.

Mesmo a cultura da soja sendo a principal fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel, do total das exportações do Brasil US\$ 17,1 bilhões, cerca de US\$ 11,0 bilhões são de grãos de soja (29,1 milhões de toneladas), de Farelo o Brasil exporta US\$ 4,7 bilhões (13,7 milhões de toneladas), a exportação de óleo é em torno de US\$ 1,4 bilhões (1,6 milhões de toneladas) (EMBRAPA SOJA, 2011).

A soja responde por aproximadamente 90% do óleo vegetal produzido no Brasil e 4% do algodão sendo o restante proveniente de outras plantas. O óleo de soja é recorrência da demanda - sempre crescente - por mais farelo protéico, a matéria-prima da ração animal que alimenta o frango, o porco e o bovino confinado,

produtores de carne, de ovos e de leite, cuja demanda não para de aumentar, resultado do crescimento da economia e da renda per capita, principalmente dos países emergentes.

Especificamente o Estado do Paraná, ocupa uma área de 199.880 km<sup>2</sup>. na Região Sul do Brasil, com uma área de 19,9 milhões de hectares distribuídos na atividade agrícola: em lavouras, pastagens e cultivos florestais, sendo que as lavouras ocupam uma área de aproximadamente 9 milhões de hectares e, o clima predominante no Estado é o Temperado e Subtropical, muito favorável a atividade agrícola. Ou seja, a agricultura paranaense pode impulsionar a produção de matérias-primas para o biodiesel, no entanto, falta direcionar esse potencial para o biodiesel (IPARDES, 2011).

No ano de 2010, o Estado do Paraná continuou com o segundo lugar de maior produtor de soja do Brasil, o Estado plantou uma área total de 4,5 milhões de hectares e produziu cerca de 14 milhões de toneladas. Tradicionalmente o estado exporta em torno de 45% de sua safra, sendo que em 2010 foram repassadas ao mercado externo 6,3 milhões de toneladas (EMBRAPA SOJA, 2011).

No Estado do Paraná, a região Norte é a principal produtora de soja (26%), seguida pelo Oeste (23%) e o Sul (22%) do total da produção paranaense. O Oeste obteve o melhor rendimento médio do Paraná, com 3.440 kg/ha, favorecido pelo menor índice de chuvas em comparação com as outras regiões. Os rendimentos médios obtidos no Paraná estão entre os maiores em comparação com os principais países produtores de soja (USADA, 2011).

### **2.3 Balanço Energético**

O processo de análise energética se dá pela quantificação de forma estimada da energia diretamente consumida e ou indiretamente utilizada.

Segundo Comitê (1993), a importância da análise e do balanço energético para indicar parâmetros com a finalidade de mensurar, interpretar e subsidiar tomadas de decisões no direcionamento das políticas tecnológicas.

Para Bueno et al. (2000), o balanço de energia é um instrumento de contabilização da energia produzida e das energias consumidas em um determinado sistema de produção, com a função principal de traduzir em unidades, ou

equivalentes energéticos, os fatores de produção e os consumos intermediários, possibilitando a construção de indicadores comparáveis entre si, que permitam a intervenção no sistema produtivo visando melhorar sua eficiência. Schroll (1994) indica que o método de fluxo de energia é uma forma de quantificar partes essenciais do desenvolvimento de sistemas agrícolas. A relação entre saídas/entradas de energia é proposta como um modo mais inclusivo de se avaliar a sustentabilidade de um sistema agropecuário.

Considera Mello (1986) que os índices devem ser construídos na intenção de mensurar e comparar relações e grandezas que entram e saem dos agroecossistemas.

Complementa Risoud (1999) que a unidade utilizada em estudos de eficiência energética deve ser o Joule (J) e seus múltiplos, particularmente o Megajoules (MJ).

Segundo Lopes (2006) o balanço de energia para o sebo bovino foi entre 4,1 a 8,08 unidades de energia renovável.

Estudando a o biodiesel de óleo de soja (Goldemberg, 1982 apud Lopes, 2006) chegou a uma relação produção/consumo de 1,42 de energia.

## **2.4 Viabilidade Econômica**

Para Mondaini: Kimpara (2003), na análise financeira são avaliados os resultados, as receitas e as despesas de cada ano na forma de fluxo de caixa e não apenas o resultado de um dado ano. Vários projetos que resultam em prejuízos nos primeiros anos, nos anos seguintes oferecem retornos a médio e longo prazo.

A análise econômica apresenta vários critérios para a apuração da rentabilidade econômica de um empreendimento. Conforme a teoria financeira são os que têm como parâmetros o princípio do desconto, chamados de métodos baseados nos fluxos de caixa descontados. A análise econômica faz um levantamento detalhado de todos os custos envolvidos no processo. Neste item, descrevem-se os principais custos pesquisados, como valor presente líquido (VPL),

taxa interna de retorno (TIR) e o número de anos necessário para recuperar o investimento dos fluxos líquidos de caixa (PAYBACK).

O Valor Presente Líquido (VPL) é obtido pela diferença entre o valor presente das entradas líquidas de caixa associadas ao projeto e o investimento necessário, com o desconto dos fluxos de caixa feito a uma taxa de juros pré-definida. (MOTTA & CALÔBA, 2002).

Para Braga (1989), a taxa interna de retorno (TIR): o retorno de um investimento é a taxa que anula o valor presente líquido do fluxo de caixa do investimento que está sendo analisado. O investimento atrativo será aquele que a taxa interna de retorno for maior ou igual à taxa de atratividade do investidor.

Complementa o mesmo autor, que a (TIR), corresponde a uma taxa de desconto que iguala o valor atual das entradas líquidas de caixa ao valor atual dos desembolsos relativos ao investimento líquido.

O critério do tempo de recuperação do capital, payback, considera que um investimento é tanto mais interessante quando suas entradas líquidas de caixas anuais permitirem mais rapidamente recuperar o capital inicialmente gasto para realizá-lo (GASLENE, et al, 1999).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Caracterização da área de estudo

Este estudo foi realizado na Região do Município de Cascavel no Oeste do Estado do Paraná, situado na latitude 24°59 Sul e uma longitude de 53°26' oeste, encontra-se em uma altitude de 682 m, área urbana é de 2.091,401 km<sup>2</sup>, área da agricultura de 143.205 ha, deste total 89.800 ha. são cultivados com a soja. A população estimada é de 289.339 mil habitantes, sendo 16.156 mil habitantes rurais (IBGE, 2010).

A cidade de Cascavel está localizada na região Oeste do Paraná, conforme Figura 5, aproximadamente 520 km da capital Curitiba, com acesso pelas rodovias federais que correspondem a trechos da BR 277 – que liga o município de Cascavel a oeste, Santa Tereza do Oeste/Foz do Iguaçu e Paraguai; a leste Ibema, Guarapuava, Curitiba, fazendo hoje parte do Anel de Integração; (a BR 369) – que liga Cascavel à Corbélia, Campo Mourão, Londrina e Ourinhos-SP, fazendo parte do Anel de Integração; e BR 467 (Rodovia do Café) – que liga Cascavel à Toledo, Marechal Cândido, Guaíra, Mato Grosso do Sul e Paraguai, estas interligam-se na área urbana do Distrito Sede.



Figura 3: Mapa do Paraná com a localização de Cascavel  
Fonte: Cascavel, 2011.

A Região Oeste Paranaense compõe-se de 50 municípios, conforme Figura 6 e possui área de 22.840 km<sup>2</sup>. Cascavel é o principal município da Região, está entre as 15 primeiras cidades do Paraná com melhor índice de qualidade de vida. Em 2011, o município completou 62 anos de emancipação política, sendo considerada uma cidade de formação recente, se comparada com as demais cidades da região. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH-M) do município (0,810), o Índice de longevidade (IDHM-L) é de (0,743), e o Índice de educação (IDHM-E) em Cascavel é de (0,937). A participação do município no PIB é de R\$ 2,17 bi, e o PIB *per capita* é de R\$ 8.141.

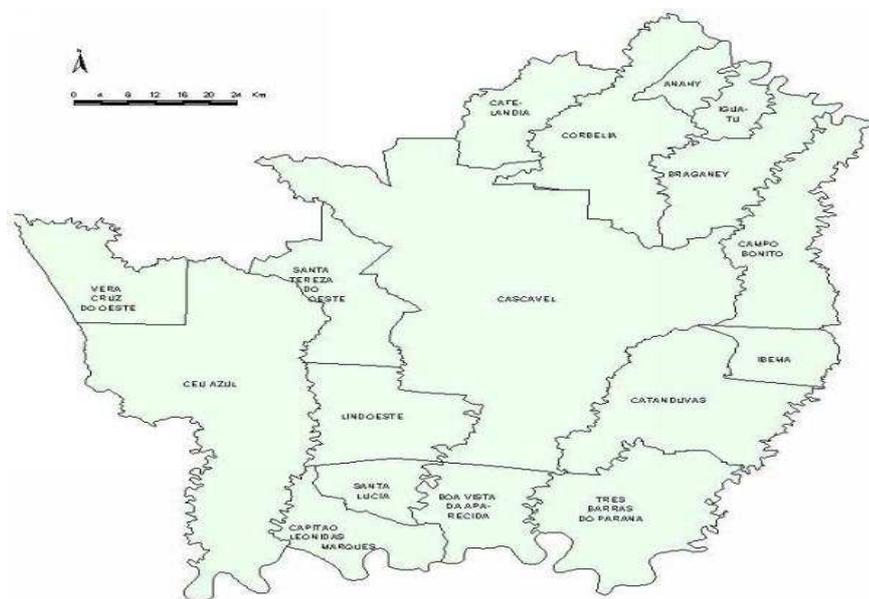


Figura 4: Mapa Localização de Cascavel e demais cidades  
Fonte: Cascavel, 2011.

A Região Oeste do Estado do Paraná possui três climas bem definidos, o clima temperado úmido com verão quente, compreende a maior área, caracteriza-se por apresentar um clima subtropical, mesotérmico, sem estação seca de inverno definido e geadas menos frequentes.

### 3.1.2 Fonte dos Dados

Para a realização do trabalho foram utilizados os dados de insumos, materiais, equipamentos e produtividade da soja, baseados em informações fornecidas pelo Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias (CEDETEC), da Fazenda Escola da Faculdade Assis Gurgacz (FAG), no período de novembro de 2011 a julho de 2012.

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Balanço Energético da produção de Biodiesel de Soja

Para a determinação do balanço energético do biodiesel da cultura da soja, o estudo, foi dividido em três etapas: cultivo da soja, extração do óleo e produção do biodiesel. Na etapa agrícola buscou-se o consumo energético para o cultivo de 1 ha de soja. A eficiência cultural foi realizada segundo Bueno (2002) que, em análise energética da cultura do milho, dois índices para expressar seus resultados: eficiência cultura (equação 1) e energia cultural líquida (equação 2).

$$\text{Eficiência Cultural} = \frac{\text{Saídas Úteis}}{\text{Entradas Culturais}} \quad (\text{eq.1})$$

$$\text{Energia cultural líquida} = \frac{\text{Saídas Úteis}}{\text{Entradas Cultural}} \quad (\text{eq.2})$$

Para o cálculo do balanço energético e a eficiência energética foi adotada a metodologia proposta por Risoud (1999). Considerou-se os mesmos índices que captam o uso de energias renováveis, equações 3 e 4.

$$BE = \sum EBP - \sum EENR \quad (\text{eq.3})$$

Em que:

BE = Balanço Energético, MJ;

EB = Energias Brutas dos Produtos, MJ;

EENR = Entradas de Energias Não Renováveis, MJ.

$$EFE = \frac{\sum EBP}{\sum EENR} \quad (\text{eq.4})$$

Em que:

EFE = Eficiência Energética;

EBP= energias brutas dos produtos;

EENR= entradas” de energias não-renováveis

Para a extração do óleo de soja foi mensurado o consumo energético para a moagem de 1kg de grãos de soja. A etapa de produção considerou o consumo energético gasto para produzir 1 litro de biodiesel de soja.

### 3.2.2 Produção Agrícola

### 3.2.3 Determinação da energia consumida da mão de obra

Para a determinação da energia consumida na etapa agrícola, determinou-se o consumo energético do cultivo da soja, considerando-se os consumos energéticos com a mão de obra, sementes, óleo diesel, lubrificante, graxa, máquinas e implementos, fertilizantes e defensivos agrícolas.

Para determinar os consumos diários realizou-se o somatório das atividades em três períodos de tempo, segundo o modo de ocupação em número de horas para: tempo de sono, tempo de trabalho e tempo de ocupações não profissionais (refeições, higiene, deslocamentos e lazer), utilizando-se a metodologia empregada por Risoud (1999) e Campos (2001). Para o cálculo da energia despendida com a mão de obra pela força de trabalho humano foi utilizada a metodologia proposta por Mahan e Escott Stump (1998). Para a determinação do gasto energético no repouso identificou-se o gênero, peso, altura e idade, associada às operações desenvolvidas, conforme apresentado nas equações 5 e 6.

$$GER_M = 66,5 + 13,75 \times P + 5,0 \times A - 6,78 \times I \quad (\text{eq. 5})$$

$$GER_F = 65,5 + 9,56 \times P + 1,85 \times A - 4,68 \times I \quad (\text{eq. 6})$$

**Em que:**

$GER_M$  = gasto energético no repouso masculino, MJ;

$GER_F$  =gasto energético no repouso feminino, MJ;

P = peso, em kg;

A = altura, em cm;

I = idade; em anos completos.

De acordo com a metodologia proposta por Carvalho, Gonçalves e Ribeiro (1974), foram estabelecidos: 1/3 do gasto energético no repouso (GER) a fração correspondente ao tempo de sono, e 1/2 do GER às ocupações não profissionais. A determinação do GER correspondente ao tempo de trabalho foi calculada a partir do tipo de trabalho realizado pelo agricultor, a partir de Carvalho et al. (1974), com adaptações de Bueno (2002), segue representada na tabela 3.

**Tabela 3** – Gasto de energia por tipo de trabalho

<b>Tipo de Trabalho</b>	<b>Dispêndio de Energia</b>
Condução de trator, colhedora e caminhão	3/6 do GER
Semeadura e adubação	5/6 do GER
Adubação de cobertura	6/6 do GER
Transporte de sementes e adubos	7/6 do GER
Aplicação de calcário	8/6 do GER
Capina manual	9/6 do GER
Capina com tração animal	14/6 do GER

Fonte: Bueno (2002)

Para o cálculo do gasto energético de repouso (GER), dos trabalhadores, foi considerada a altura (cm), massa (kg) e idade (anos completos), os dados são apresentados na no anexo 7.

A mão de obra foi utilizada nas etapas agrícola sendo um tratorista e mão de obra comum. As ações foram divididas em semeadura e adubação, conforme (anexos 1 e 2); Aplicação de Defensivos, (anexos 3 e 4); e Colheita, (anexos 5 e 6).

### 3.2.4 Combustível, óleo lubrificante e graxa

Para calcular o poder calórico do óleo diesel, foi considerado o valor de 40,88 MJ.l<sup>-1</sup> para os óleos lubrificantes o valor foi de 37,75 MJ.l<sup>-1</sup> de acordo com (BRASIL, 2004). Para as graxas, o valor, considerado, foi de 43,38 MJ.kg<sup>-1</sup> (BRASIL, 2004).

O gasto energético foi obtido através do gasto nas operações pelo coeficiente energético de cada dispêndio energético. As quantidades utilizadas nas operações e o gasto energético são apresentados nos anexos 8, 9 e 10.

### 3.2.5 Máquinas e implementos

As operações envolvendo o consumo energético de máquinas e implementos foram divididas em três etapas, sendo elas: semeadura e adubação, aplicação de defensivos e colheita.

A Tabela 4 apresenta as máquinas e implementos utilizados no cultivo da soja com as características, vida útil e horas de uso anual.

**Tabela 04** - Máquinas e Equipamentos

Equipamentos/ Características	Vida Útil (Anos)	Uso Anual (Horas)
Trator Massey Ferguson, modelo MF 283(4X2 TDA), com potência de 63,2 kW (86 cv) no motor, peso de embarque 2.850 kg (3.431 kg com lastro), rodados dianteiros 12.4-24 R1 (39 kg) e rodados traseiros 18.4-30 R1 (83 kg), para a realização da operação de pulverização e transporte de insumos.	10	1000
Pulverizador de barras marca Jacto, modelo Condor, montado, capacidade de 600 litros, peso 400 kg barra de 12 m de comprimento, provida de 24 pontas do tipo leque modelo DG 110-03, espaçadas de 0,50 m.	10	480
Colhedora autopropelida de grãos, marca Massey Ferguson, modelo MF 3640, com potência de 95,6 kW (130 cv) no motor, com peso de embarque de 6.760 kg (7.193 kg com plataforma	15	480

---

de corte “molinete”), rodados dianteiros 23.1-30 R1 (138 kg) e rodados traseiros 14.9-24 R1 (59 kg).

---

Semeadora-adubadora de precisão, Tatu Marchesan, modelo PST<sup>3</sup>, espaçamento 450 mm, peso de 3170 kg. 10 480

---

Fonte: Manual Massey Ferguson, (2012)

Para o cálculo da depreciação energética utilizou-se a metodologia proposta por Beber (1989) onde:

$$DE = \frac{(M - 10\% \times M)}{(V_U \times T_U)} \quad (\text{eq. 8})$$

**Em que:**

DE= depreciação energética

M = massa da máquina ou implemento agrícola, em kg;

$V_U$  = vida útil da máquina ou implemento agrícola, em horas;

$t_U$ = tempo de utilização, em horas.

Para calcular a energia gasta, utilizou-se a metodologia proposta por Santos (2004) que indica:

$$E_{mi} = \frac{DE}{CE} \quad \text{q.9}$$

Em que:

$E_{mi}$ = Energia das máquinas e implementos, MJ;

DE = Depreciação energética, kg;

CE = Coeficiente energético em  $\text{MJ.kg}^{-1}$ .

Para a etapa de semeadura e adubação considerou-se 1,5 horas. Para a operação de aplicação de defensivos 0,5 horas e, para a etapa de colheita 1,5 horas, conforme dados Fazenda Escola da FAG.

Utilizou-se os coeficientes energéticos, propostos por Comitre (1993), sendo considerado os valores de  $14,62 \text{ MJ.kg}^{-1}$  e  $13,012 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , respectivamente, para o trator e colhedora. Para os coeficientes energéticos de implementos e outros

equipamentos utilizados nas operações até a semeadura adotou-se  $8,62 \text{ MJ.kg}^{-1}$  e para as operações pós-plantio utilizando equipamentos, utilizou-se o valor de  $8,35 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , conforme apresentados por Comitre (1993).

Os procedimentos de cálculo referentes a máquinas e equipamentos são apresentados no anexo11.

### **3.2.6 Fertilizantes**

Para o cálculo do dispêndio energético com os fertilizantes, foi utilizado os coeficientes energéticos apresentados por Bueno (2002), considerando-se para o dispêndio energético do sistema de produção da soja os coeficientes de  $62,61 \text{ MJ.Kg}^{-1}$ ,  $9,63 \text{ MJ.kg}^{-1}$  e  $9,21 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , respectivamente, para os fertilizantes Nitrogênio (N), fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e Potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ).

Para a determinação dos consumos energéticos com fertilizantes foi considerada a dosagem de  $300 \text{ kg.ha}^{-1}$  de conforme dados da Fazenda Escola FAG, da formulação 02.20.20, assim, no cultivo da soja considerou-se que foram utilizados  $6 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N,  $60 \text{ kg.ha}^{-1}$  de P e  $60 \text{ kg.ha}^{-1}$  de K.

### **3.2.7 Defensivos**

Com relação aos defensivos agrícolas, utilizou-se os coeficientes energéticos indicados por Pimentel (1980) sendo  $347,88 \text{ MJ.kg}^{-1}$  para herbicidas;  $311,07 \text{ MJ.kg}^{-1}$  para inseticidas; e  $216,03 \text{ MJ.kg}^{-1}$  para fungicidas. Considerou-se a aplicação de herbicidas 2 vezes, fungicidas 2 vezes e inseticidas uma vez conforme dados Fazenda Escola FAG. As quantidades utilizadas foram de:  $2,9 \text{ l.ha}^{-1}$  de herbicidas,  $0,643 \text{ l.ha}^{-1}$  de fungicidas e  $0,30 \text{ l.ha}^{-1}$  de inseticidas.

### **3.2.8 Sementes**

Para a determinação do consumo energético das sementes de soja foi baseada metodologia de Pimentel (1980), o qual atribuiu à semente da soja, o valor

energético correspondente à energia fóssil aplicada em sua produção, correspondendo a  $16,736 \text{ MJ.ha}^{-1}$ .

Considerou-se que na semeadura da soja, a quantidade de  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$  sementes, conforme dados da Fazenda Escola FAG.

### **3.2.9 Etapa de Extração**

Os dados utilizados para determinação da extração de óleo de soja foram obtidos juntos a Fazenda Escola FAG, e indicaram que a partir de 1 kg de grãos de soja obtêm-se 13% de óleo de soja, 81% de farelo de soja e 6% de perdas.

### **3.2.10 Gasto Energético do Grão de Soja**

Considerou-se o grão de soja como uma entrada energética no processo de extração de óleo de soja. Com base nos dados da etapa de extração do óleo, avaliou-se que 1 kg de grãos de soja rendeu 0,13 kg de óleo de soja e 0,81 kg de farelo de soja.

O cálculo do gasto energético do grão no processo de extração do óleo se deu multiplicando a quantidade de grãos de soja utilizados pelo coeficiente energético. Utilizou-se o coeficiente energético para os grãos de soja de  $16,80 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , conforme apresentado por Cavalett (2008).

### **3.2.11 Gasto Energético do Óleo de Soja**

Para a determinação do gasto energético do óleo de soja, considerou-se que no processo de extração obteve-se 0,13 kg de óleo de soja por quilograma de grãos de soja.

O cálculo do gasto energético do óleo de soja no processo se deu multiplicando a quantidade de óleo de soja utilizados pelo coeficiente energético, que, conforme apresentado por Cavalett (2008) é de  $39,60 \text{ MJ.kg}^{-1}$ .

### 3.2.12 Gasto Energético Farelo de Soja

Para a determinação do gasto energético do farelo de soja, considerou-se que no processo de extração obteve-se 0,81 kg de farelo de soja por quilograma de grãos de soja.

Segundo Mourad (2008) o farelo de soja possui coeficiente energético de 15,00 MJ.kg<sup>-1</sup>.

Pelo produto entre o coeficiente energético e a quantidade de farelo produzido no processo de extração, determinou-se o consumo energético.

### 3.2.13 Consumo Energético na Produção do Biodiesel

Para a determinação do consumo energético considerou-se que para a produção de biodiesel utilizou-se a rota metílica, considerando-se como entradas energéticas a lenha, o catalisador, o metanol, o óleo de soja e a energia elétrica. Considerou-se como saídas energéticas a glicerina e o biodiesel. Os coeficientes para cada insumo utilizado na produção do biodiesel estão representados na Tabela 1, conforme os valores apresentados por Bonometo (2009), Sheehan et al. (1998), Nogueira (1987) e Peres (2009).

Os dados para o cálculo do consumo energético foram determinados com base na produção 1 litro de biodiesel de soja puro (B100), conforme dados do Laboratório de Biodiesel da Fazenda Escola da FAG.

**Tabela 5** - Coeficientes energéticos dos insumos utilizados na produção de biodiesel de soja

Insumos	Unidades	Coeficiente Energético (MJ)
Lenha [1]	MJ.kg <sup>-1</sup>	19,88
Glicerina [1]	MJ.kg <sup>-1</sup>	32,81
Catalizador (NaOH) [1]	MJ.kg <sup>-1</sup>	44,45
Metanol [2]	MJ.kg <sup>-1</sup>	22,70
Óleo de Soja [2]	MJ.kg <sup>-1</sup>	47,80
Energia Elétrica [3]	MJ.kWh <sup>-1</sup>	3,60
Biodiesel Soja [4]	MJ.kg <sup>-1</sup>	39,11

Fonte: [1] Bonometo (2009); [2] Sheehan et al. (1998); [3] Nogueira (1987); [4] Peres (2009).

### **3.2.14 Lenha**

Para a produção de biodiesel, foi utilizada a lenha de bracatinga (Mimossascabrella). A quantidade utilizada foi de 19,88 kg para a produção de 1 litro de biodiesel. O consumo energético foi obtido pelo produto entre a quantidade de lenha utilizada no processo pelo coeficiente energético (Tabela 11).

### **3.2.15 Catalisador**

Para a produção do biodiesel foi utilizado o catalisador hidróxido de sódio (NaOH). Sendo quantidade utilizada no processo foi de 0,055 kg de (NaOH) para a produção de 1 litro de biodiesel.

### **3.2.16 Metanol**

O processo de produção de biodiesel de soja se deu pela transesterificação por rota metílica, utilizando-se 0,18 kg de metanol. O coeficiente energético utilizado foi o apresentado na Tabela 11.

### **3.2.17 Óleo de Soja**

Para a produção de um litro de biodiesel de soja utilizou-se 0,9 kg de óleo de soja. O coeficiente energético adotado para o óleo de soja foi o apresentado na Tabela 11.

### **3.2.18 Eletricidade**

No processo de produção de um litro de biodiesel, conforme dados do laboratório de biodiesel da Fazenda Escola da FAG, consumiu-se 0,045 kWh de energia elétrica para a produção de um litro de biodiesel. A energia elétrica foi calculada considerando a energia consumida em função da potência dos motores pelo tempo de utilização de cada motor durante o processo.

### **3.2.19 Glicerina**

Durante o processo de produção de um litro de biodiesel de soja, conforme dados do laboratório de biodiesel da Fazenda Escola da FAG, produziu-se como subproduto 0,0955 kg de glicerina.

Calculou-se o valor energético da glicerina, considerando-se a mesma como saída energética, pelo produto entre o coeficiente energético apresentado na Tabela 11 e a quantidade de glicerina gerada na produção de 1 litro de biodiesel.

### **3.2.20 Biodiesel**

Para a avaliação energética da produção do biodiesel, considerou-se o biodiesel puro produzido por meio da rota metílica como saída energética do processo. O litro de biodiesel produzido pelo laboratório de biodiesel da FAG, correspondeu a 0,955 kg de biodiesel de soja puro (B100).

Para determinação do valor energético do biodiesel de soja, considerou-se o coeficiente energético apresentado na Tabela 11.

## **3.3 Análise Econômica**

### **3.3.1 Investimento Inicial**

As análises de viabilidade econômica foram realizadas a partir dos valores do fluxo de caixa do projeto, considerando a taxa interna de retorno (TIR), que mede a rentabilidade média percentual do investimento; valor presente líquido (VPL) que mede a rentabilidade absoluta do projeto, considerando o fluxo de caixa descontado a uma taxa de juros relevante e por último Período de Recuperação do Capital (Payback), que tem por objetivo determinar o número de anos necessários para que a empresa recupere o capital investido no projeto. Esses métodos têm por objetivo indicar se o projeto é viável ou não economicamente.

O Investimento Inicial refere-se ao volume comprometido de capital (desembolso) direcionado à geração de resultados operacionais futuros. Foram

avaliados por seus respectivos preços de compra, acrescidos de todos os gastos necessários para serem colocados em funcionamento.

Segundo Guitman (2002), estes custos são os investimentos iniciais do projeto, é a saída de caixa relevante ocorrida no instante zero (início do projeto) para implementação do investimento proposto a longo prazo, ou seja, é o montante que se deve avaliar como dispêndio no início do projeto.

Para o cálculo do investimento inicial para implantação de uma usina, considerado a construção de um barracão (pavilhão) pré-moldado com uma área de 50 m<sup>2</sup>; bem como a aquisição, montagem e supervisão técnica de um equipamento da marca Biomax, modelo MA-075. Neste estudo, foi considerado o investidor já dispõe de terreno para a instalação da usina. O investimento inicial para colocar o projeto em funcionamento foi orçado em R\$ 435.636,25. (STAR TECHNOLOGY, 2010).

Para a realização da análise econômica, foi considerado a compra do óleo de soja bruto, adquirido diretamente do produtor, o que não envolve custos com a plantação, manutenção e colheita da soja. O óleo bruto do produto R\$ 1,30 (mês de março). Custos variáveis (água, energia elétrica, catalizadores, análises) um total de R\$ 0.40, assim sendo para produzir um litro de biodiesel tem-se o custo total de R\$1,70/litro (FAZENDA ESCOLA FAG, 2012).

### **3.3.2 Análise Econômica dos Sistemas de Produção**

Para a análise econômica, foram considerados os cálculos do dinheiro no tempo (payback), Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa de Retorno (TIR), de acordo com (LEMES JUNIOR, RIGO E CHEROBIN, 2002). Estas alternativas são as mais consistentes para análise de investimentos.

Para a análise de viabilidade recomenda-se, inicialmente, elaborar o fluxo de caixa que irá contemplar a expectativa de investimento inicial, bem como os resultados a serem obtidos a partir da efetivação daquele projeto. O investimento inicial deverá contemplar todas as despesas necessárias para a efetiva implantação do projeto que está sendo gerenciado. Já a expectativa de resultados será a diferença entre as receitas advindas daquele projeto e as despesas para sua manutenção.

### 3.3.3 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor presente líquido é a diferença entre o valor presente das entradas líquidas de caixa e o valor presente das saídas de caixa para investimento, excluindo também o custo de capital da empresa. (LEMES JUNIOR, RIGO E CHEROBIN 2002).

Para a análise financeira da produtividade de biodiesel de soja foi usada a taxa mínima de atratividade igual a 12% a.a.

Para o Cálculo do VPL foi utilizada a seguinte equação:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

#### Em que:

VPL= valor presente líquido

t: Período

n: Vida útil do projeto (anos ou meses)

i: Taxa Mínima de Atratividade

FC: Fluxo de Caixa Líquido

### 3.3.4 PAYBACK

Para Lemes Junior, Rigo e Cherobin, (2002), o tempo que o investimento leva para dar retorno - PAYBACK é o período de tempo necessário para que as entradas líquidas de caixa recuperem o investimento inicial do projeto. Assim sendo, o projeto será viável quanto o PAYBACK encontrado representar um período de tempo aceitável, ou viável para o investidor.

### 3.3.5 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é um método de avaliação do investimento baseado na determinação da taxa de lucratividade ou taxa interna de retorno. A TIR é uma taxa de retorno que faz com que o fluxo de saídas no caixa iguale-se ao fluxo de entradas no caixa. (LEMES JUNIOR, RIGO E CHEROBIN 2002).

$$TIR = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} = 0$$

**Em que:**

TIR: Taxa interna de retorno;

FCj: Fluxo de caixa líquido no momento i;

n: Duração do projeto;

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando atingir os objetivos propostos e melhor compreensão dos dados, os resultados foram apresentados e discutidos em quatro etapas:

A primeira etapa abrange cada uma das operações do itinerário técnico do agroecossistema do cultivo da soja, a segunda apresenta a extração do óleo de soja, a terceira demonstra a produção do biodiesel, na quarta e última etapa, analisa-se a viabilidade de implantação de uma usina para obtenção de biodiesel de soja. Os resultados foram apresentados em Megajoules (MJ).

### 4.1 Consumo Energético na Semeadura e Adubação

Na operação de semeadura e adubação, apresentado, na Tabela 6, pode-se verificar que o maior consumo energético encontrado durante a semeadura e adubação foi em energia indireta, devido ao uso de fertilizantes químicos, sendo que esta forma de energia foi responsável por mais 58% do consumo. Jasper (2009) ao analisar a cultura do crambe declara que os fertilizantes químicos possuem o maior consumo calórico com mais de 71% da energia indireta. Bueno (2002) em estudo realizado da cultura do milho encontrou o valor para energia direta de (28,31%) e para energia indireta (71,69).

**Tabela 6** - Entradas de energia na operação de semeadura e adubação, MJ. ha<sup>-1</sup>

TIPO, Fonte e Forma	Entradas Culturais	Participação (%)
<b>ENERGIA DIRETA</b>	<b>1.048,74</b>	<b>40,96</b>
<b>Biológica</b>		
Mão de Obra		
Tratorista	9,54	0,37
Comum	23,52	0,91
Semente	836,8	32,67
<b>Fóssil</b>		
Óleo Diesel	168,92	6,59
Lubrificante	3,02	0,11
Graxa	6,94	0,27
<b>ENERGIA INDIRETA</b>	<b>1.511,92</b>	<b>59,04</b>
<b>Industrial</b>		
Trator	2,5	0,09

Semeadora	3,36	0,13
Fertilizante	1.506,06	58,81
<b>TOTAL</b>	<b>2.560,66</b>	<b>100</b>

A semente, componente da energia direta de origem biológica, destaca-se pela elevada participação na energia direta despendida, correspondendo de 32,67%, seguida pelo gasto calórico do óleo diesel de 6,59%.

#### 4.1.2 Consumo Energético na Aplicação de Defensivos

Na operação de aplicação de defensivos apresentado na tabela 7, pode-se verificar que o consumo energético em energia indireta, deve-se pela utilização de herbicida, sendo que esta forma de energia foi responsável por mais 44,97% do consumo. Jasper (2009) ao analisar a cultura do crambe também relaciona o herbicida com o maior consumo energético com 44,31% do total do total do consumo.

**Tabela 7** - Entrada de energia, em MJ.ha<sup>-1</sup>, na operação de aplicação de herbicida, fungicida e inseticida

TIPO, Fonte e Forma	Entradas Culturais (MJ)	Participação (%)
<b>ENERGIA DIRETA</b>	<b>957,55</b>	<b>42,66</b>
<b>Biológica</b>		
Mão de Obra		
Tratorista	20,70	0,92
Comum	42,45	1,89
<b>Fóssil</b>		
Óleo Diesel	844,60	37,64
Lubrificante	15,10	0,67
Graxa	34,70	1,54
<b>ENERGIA INDIRETA</b>	<b>1.286,22</b>	<b>57,34</b>
<b>Industrial</b>		
Trator	37,5	1,67
Pulverizador	7,65	0,34
Herbicida	1.008,85	44,97
Fungicida	138,9	6,20
Inseticida	93,32	4,16
<b>TOTAL</b>	<b>2.243,77</b>	<b>100,00</b>

O óleo diesel, componente da energia direta de origem fóssil, destaca-se pela elevada participação na energia direta despendida sendo de 37,64%. Ferreira

(2010) apresenta em estudo realizado no Rio Grande do Sul da matriz energética e econômica da cultura da soja, em que o óleo diesel representa 49% do consumo total das energias diretas.

#### 4.1.3 Consumo Energético na Colheita

As operações de colheita consomem energia direta de forma significativa. A superioridade da energia direta (98,16%), ocorre em função da elevada utilização de fonte fóssil, representada particularmente pelo gasto energético com óleo diesel. O valor encontrado por Jasper (2009), para as energias diretas, no estudo energético do cramebe foi de 96,46% do total do consumo. Bueno (2000), também encontrou valor próximo para as energias diretas (90,37%), no estudo realizado da cultura do milho.

**Tabela 8** - Entradas de energia, em MJ. ha<sup>-1</sup>, participações na colheita

TIPO, Fonte e Forma	Entradas Culturais (MJ)	Participação (%)
<b>ENERGIA DIRETA</b>	<b>414,81</b>	<b>98,16</b>
<b>Biológica</b>		
Mão de Obra		
Tratorista	7,62	1,81
Comum	27,44	6,5
<b>Fóssil</b>		
Óleo Diesel	368,73	87,25
Lubrificante	4,07	0,96
Graxa	6,94	1,64
<b>ENERGIA INDIRETA</b>	<b>7,79</b>	<b>1,84</b>
<b>Industrial</b>		
Colhedora	7,79	1,84
<b>TOTAL</b>	<b>422,60</b>	<b>100</b>

Na análise da energia indireta, destaca-se o alto valor da fonte energética industrial representada pela colhedora, que representa 1,84% do consumo de energia.

#### 4.1.4 Consumo Energético da Produção de Soja

O consumo energético da produção de soja (Tabela 9) apresenta em primeiro lugar o consumo da semeadura e adubação com 47,20% do total, em seguida são os herbicidas, fungicida, inseticida com 45,01% do total do consumo. A operação que apresenta maior consumo energético são semeadura e adubação, representando 47,20% do total consumido.

**Tabela 9** – Consumo energético na produção de soja em sistema de plantio direto, MJ.ha<sup>-1</sup>

Operação	Participação energética no sistema de produção	
	MJ.ha <sup>-1</sup>	%
Semeadura e adubação	2.560,66	47,20
Aplicação Herbicida, Fungicida, Inseticida	2.441,59	45,01
Colheita	422,604	7,79
<b>TOTAL</b>	<b>5.424,854</b>	<b>100</b>

#### 4.1.5 Balanço Energético da Produção de Soja

Na Tabela 10 encontra-se a eficiência cultural da produção de soja que, por intermédio da estrutura de dispêndios energéticos, onde entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) de energia são quantificadas e apresentadas em unidades energéticas. Relacionando a produção da soja com o itinerário técnico apresentado e para uma produtividade média de 3.500 kg.ha<sup>-1</sup>, sendo uma produtividade de 58,35 sacas por hectare, caracterizando uma energia embutida na produção igual a 58576,00 MJ.

As energias diretas representaram 44,53% do total do consumo energético e as energias indiretas representaram um valor um pouco acima com 55,47%. Bueno (2002), ao analisar a cultura do milho encontrou equilíbrio relativo com 47,19% diretas e 52,81% para as energias indiretas.

**Tabela 10** - Estrutura de dispêndios, por tipo, fonte e forma; entradas culturais, saídas úteis, energia cultural líquida, eficiência cultural da produção de soja, eficiência cultural e balanço energético da produção de soja.

TIPO, Fonte e Forma	Entradas Culturais (MJ)	Participação (%)
<b>ENERGIA DIRETA</b>	<b>2.411,53</b>	<b>44,53</b>
<b>Biológica</b>		
Mão de Obra		
	Tratorista	37,86
	Comum	93,41
Semente	836,8	15,45
<b>Fóssil</b>		
Óleo Diesel	1.382,25	25,53
Lubrificante	19,29	0,36
Graxa	41,91	0,77
<b>ENERGIA INDIRETA</b>	<b>3.003,75</b>	<b>55,47</b>
<b>Industrial</b>		
Máquinas e Implementos	58,8	1,09
Herbicida, Fungicida e Inseticida	1.438,89	26,57
Fertilizantes Químicos	1.506,06	27,81
<b>"ENTRADAS" CULTURAIS</b>	<b>5.415,28</b>	<b>100,00</b>
<b>"SAÍDAS" ÚTEIS</b>	<b>58.576,00</b>	
<b>ENERGIA CULTURAL LÍQUIDA</b>	<b>53.160,72</b>	
<b>EFICIÊNCIA CULTURAL</b>	<b>10,82</b>	
<b>EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>	<b>40,58</b>	
<b>BALANÇO ENERGÉTICO</b>	<b>57.132,54</b>	

Na Tabela 10 percebe-se também que a energia cultural líquida foi de 53.160,72 MJ, encontrando assim, uma eficiência cultural de 10,82 MJ.

#### 4.1.6 Balanço Energético da Extração de Óleo de Soja

Na tabela 11 observa se os resultados referentes às entradas com 16,80 MJ do consumo energético do total pesquisado e as saídas 17,29 MJ para a produção de 1 kg de grãos de soja. Serrão e Ocácia (2007) determinaram valores próximos de produção energética para o farelo e para o óleo de soja sendo 10,929 MJ e 6,799 MJ, respectivamente.

**Tabela 11 – Balanço energético da produção de soja**

<b>Balanço Energético da Produção de Óleo de Soja</b>			
Insumos	Quantidade	Coefficiente Energético (MJ)	Produção Energética (MJ)
<b>Entrada</b>			<b>16,80</b>
Grãos	1 kg	16,80	16,80
<b>Saídas</b>			<b>17,29</b>
Óleo de Soja	0,13 kg	39,60	5,148
Farelo de Soja	0,81 kg	15	12,15
<b>Balanço</b>			<b>5,148</b>

O balanço de energia seguiu a metodologia de Risoud (1999) em que o somatório de energia bruta no processo é subtraído do somatório das entradas não renováveis. A energia bruta do sistema sendo o óleo de soja e a entrada de energias não renováveis não foi caracterizada neste processo, assim, tem-se o balanço energético para a produção de óleo de soja de 5,148 MJ.

#### **4.1.7 Balanço Energético da Produção de Biodiesel de Soja**

O biodiesel de soja analisado foi obtido em rota metílica. As entradas em princípios analisadas foram: eletricidade, lenha, catalisador, óleo de soja e metanol. As saídas energéticas foram: biodiesel de soja e a glicerina. O balanço de energia pode ficar restrito apenas a etapa industrial de fabricação do biodiesel onde os insumos básicos são: óleo, álcool, catalisador, energia elétrica e calor (NOGUEIRA, 1987).

A partir dos insumos atribuídos para a produção de 1 litro de biodiesel de soja determinou-se o consumo energético para a produção do biodiesel de soja, na Tabela 12.

**Tabela 12 – Balanço energético do biodiesel de soja.**

<b>Balanço Energético Biodiesel Soja</b>			
<b>Insumos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Coefficiente Energético (MJ)</b>	<b>Produção Energética (MJ)</b>
<b>Entrada</b>			<b>59,06</b>
Lenha	0,47	19,88	9,34
Catalizador (NaOH)	0,05	44,45	2,44
Metanol	0,18	22,7	4,09
Óleo de Soja	0,9	47,8	43,02
Energia Elétrica	0,04	3,6	0,16
<b>Saídas</b>			<b>39,69</b>
Glicerina	0,09	24,44	2,34
Biodiesel Soja	0,95	39,11	37,35
<b>Balanço</b>			<b>33,26</b>

O balanço de energia foi caracterizado pelo somatório de energia bruta no processo subtraído do somatório das entradas não renováveis, Risoud (1999). Considerando a energia bruta do sistema sendo o biodiesel de soja e a entrada de energias não renováveis o metanol tem-se o balanço energético para a produção de biodiesel de soja foi de 33,26 MJ. Pimentel e Patzeck (2005) estimaram o consumo de energia na produção de uma tonelada de biodiesel de soja nos Estados Unidos em 49,78 MJ. Serão e Ocácia (2007) em estudo da produção de biodiesel de soja, no estado do Rio Grande do Sul, estimaram o balanço de energia em 39,38 MJ.

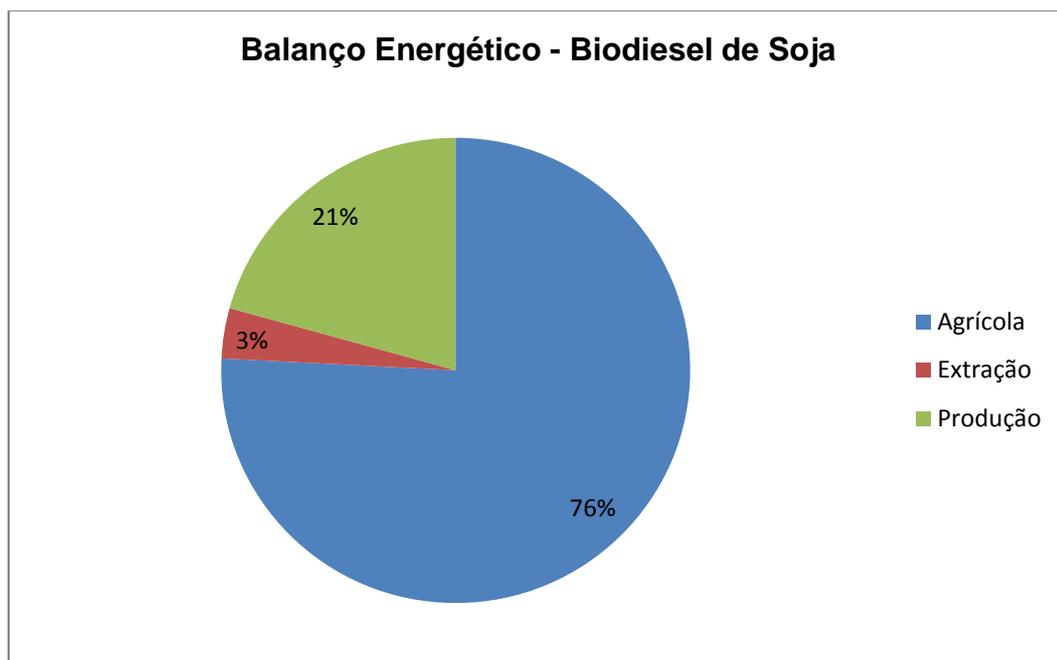
#### **4.1.8 Balanço Energético das Etapas para a Produção de Biodiesel de Soja**

Para a determinação do balanço energético do biodiesel de soja foram utilizados os dados de produção da soja, da extração de óleo de soja e os dados de produção do biodiesel obtido em rota metálica onde, considerou-se a produção em 1 ha de soja, 1 kg de grão de soja e 1 litro de biodiesel de soja.

**Tabela 13 - Balanço energético da produção de biodiesel de soja**

<b>BALANÇO ENERGÉTICO DAS ETAPAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE SOJA</b>		
<b>Etapa</b>	<b>Balanço Energético (MJ)</b>	<b>Balanço Energético (MJ.litro<sup>-1</sup>)</b>
Cultivo da soja	57.132,54	121,96
Extração do óleo	5,148	5,642
Produção do Biodiesel	33,26	33,26
<b>Total</b>	<b>57170,94</b>	<b>160,86</b>

O balanço energético das etapas de produção de biodiesel de soja apresentou valor de 57170,94. MJ. Chechetto et. al. (2010) em estudo do balanço energético de biodiesel de mamona encontrou valor muito próximo para o balanço energético, 56830,56 MJ. Figura 07 apresenta o consumo energético total em cada uma das três etapas para a produção biodiesel.



**Figura 07** - Balanço energético de biodiesel de soja

Destaca-se que o consumo energético para obter 1 litro de biodiesel, considerando as três etapas do processo, o cultivo da soja apresenta maior consumo energético (76%), em segundo está o gasto energético para a produção de biodiesel de soja (21%), dentre as três etapas do processo a que tem menor consumo energético e a extração de óleo de soja representando (3%).

Importante ressaltar que o baixo consumo energético na etapa de extração se dá em função do cálculo de consumo energético estar relacionado apenas às entradas e saídas principais (grãos de soja, óleo de soja e farelo de soja), não se atendo a outras entradas e saídas tais como: energia elétrica, mão de obra, prensa entre outras.

## 4.2 Análise Econômica

### 4.2.1 Cálculo da Viabilidade de Implantação de uma usina de Biodiesel

Para o cálculo do investimento inicial para implantação de uma usina de biodiesel, considerado a construção de um barracão (pavilhão) pré-moldado com uma área de 50 m<sup>2</sup>; bem como a aquisição, montagem e supervisão técnica de um equipamento da marca Biomax, modelo MA-075. Neste estudo, foi considerado que o investidor já dispõe de terreno para a instalação da usina, conforme Tabela 14.

**Tabela 14** - Investimento Inicial

Equipamento	Valor (R\$)
Equipamento Biomax, modelo MA-075	267.656,20
Tancagem p/ óleo bruto	66.612,20
Tancagem para o biodiesel puro	66.632,20
Utilidades	6.190,65
Engenharia e Gerenciamento	5.580,00
Pavilhão pré-moldado com 50 m <sup>2</sup>	22.965,00
<b>Total do investimento inicial</b>	<b>435.636,25</b>

Fonte: STAR TECHNOLOGY, 2010

Para a matéria prima foi considerado a compra do óleo de soja bruto, adquirido diretamente do produtor, o que não envolve custos com a plantação, manutenção e colheita da soja, ou seja, o custo para produzir um litro de biodiesel foi de R\$ 1,70, conforme Tabela 15.

**Tabela 15** - Custos por litro de Biodiesel produzido

Óleo de soja Bruto	R\$ 1,30
Custos variáveis (água, energia elétrica, catalizadores, análises)	R\$ 0,40
<b>Total</b>	<b>R\$ 1,70</b>

Fonte: Fazenda Escola FAG, 2012

#### 4.2.2 Fluxo de Caixa

Considerou-se uma produção no primeiro ano de 750 l/dia, durante 25 dias/mês e 12 meses no ano. No segundo e terceiro anos, trabalhou-se com uma produção de 1.000 l/dia e 1.550 l/dia para o quarto e quinto anos.

No fluxo de caixa já estão descontados os custos operacionais fixos. Optou-se por um fluxo de caixa de 5 anos, mesmo que os equipamentos, utensílios, e estrutura, com a devida manutenção, tenham mais de 10 anos de vida útil em plena produção, conforme Tabela 16.

**Tabela 16** - Fluxo de Caixa Operacional

Investimento Inicial	R\$ 435.636,25	Fluxo Acumulado
Ano 1	R\$ 77.585,47	R\$ 77.585,47
Ano 2	R\$ 137.585,48	R\$ 215.170,95
Ano 3	R\$ 137.585,48	R\$ 352.756,43
Ano 4	R\$ 257.585,48	R\$ 610.341,90
Ano 5	R\$ 257.585,48	R\$ 867.927,38

Neste estudo, utilizou-se das técnicas de análise de investimento do período de payback, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). A taxa de retorno exigido usada nos cálculos foi de 12% ao ano, em função do risco envolvido no investimento, trata-se de tecnologia ainda em pesquisa no Brasil e o biodiesel só pode ser comercializado com a Petrobrás através de leilões.

O período de payback indicará o tempo de retorno do capital investido. Apesar de ser uma técnica menos sofisticada, ainda é bastante utilizada pelos empresários para a tomada de decisão. Aconselha-se que a mesma seja utilizada sempre em conjunto com outra técnica, como o VPL e/ou TIR. Para o cálculo do período de payback, trabalhou-se com o fluxo de caixa acumulado, o que permitiu identificar em que momento atingiu-se o montante investido para a instalação da usina.

Para fins de comparação, o custo de oportunidade foi definido em 6% a.a. visto que este é o rendimento médio (já descontado o IR), atualmente, que o investidor terá se aplicar seu dinheiro no mercado financeiro (CDB – Certificado de

Depósito Bancário; papel comum e extremamente seguro). O custo de oportunidade representa o valor associado a melhor alternativa não escolhida.

#### 4.2.3 Cálculo do PAYBACK

O período de *payback* indicará o tempo de retorno do capital investido. Apesar de ser uma técnica menos sofisticada, ainda é bastante utilizada pelos empresários para a tomada de decisão. Aconselha-se que a mesma seja utilizada sempre em conjunto com outra técnica, como o VPL e/ou TIR. Para o cálculo do período de *payback*, trabalhou-se com o fluxo de caixa acumulado, o que permitiu identificar em que momento atingiu-se o montante investido para a instalação da usina, conforme Tabela 17.

**Tabela 17** - Cálculo do Payback

Ano 1	R\$	77.585,47	
Ano 2	R\$	137.585,48	
<b>Ano 3</b>	<b>R\$</b>	<b>137.585,48</b>	<b>1</b>
Ano 4	<b>R\$</b>	<b>82.879,83</b>	<b>x</b>
	R\$	435.636,25	

Fonte: Resultado da pesquisa

O período de *payback* deste projeto foi de 3,602387897 anos, ou seja, 3 anos 7 meses. Isso significa que em 3 anos e 7 meses o investidor terá o retorno do capital utilizado para a implantação da usina de biodiesel.

#### 4.2.4 Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido (VPL) com resultado de R\$ 151.110,56, demonstrou o retorno monetário total do investimento. O seu cálculo envolveu o valor presente de todos os futuros fluxos de caixa que a usina poderá proporcionar deduzidos do investimento inicial. Para a tomada de decisão o investidor poderá usar o resultado do VPL: se VPL for maior ou igual a zero, o projeto é viável; se VPL for menor do que zero o projeto é inviável. É importante ressaltar que o VPL maior do que zero

mostra que o projeto irá proporcionar um retorno maior do que o retorno exigido pelos investidores.

#### **4.2.5 Taxa Interna de Retorno (TIR)**

Taxa Interna de Retorno (TIR) de 22,68% ao ano representa a rentabilidade do investimento, ou seja, a taxa de retorno do projeto. A TIR apresenta o percentual de comparação entre a aplicação (montante monetário) no projeto analisado e esta mesma aplicação no mercado financeiro. Assim, quando o resultado da mesma estiver acima do previsto, o projeto sinaliza viabilidade, se estiver abaixo o projeto precisa ser revisto não sendo viável no momento da análise. O VPL positivo indica que o projeto irá proporcionar um retorno acima do exigido em função do risco, o que é comprovado pela TIR de 22,68% ao ano.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nas condições em que foi realizado o trabalho pode-se concluir que:

As entradas energéticas na etapa agrícola totalizaram 2411,53 MJ. Em relação às saídas energéticas totalizaram 3003,75 MJ e, o balanço de energia foi de 57132,54 MJ.

A etapa de extração de óleo as entradas energéticas corresponderam a um total de 16,80 MJ e as saídas energéticas 17,29 MJ. Em relação ao balanço energético, este apresentou um total de 5,14 MJ.

A etapa de produção de biodiesel de soja apresentou entradas energéticas de 59,06 MJ e saídas energéticas de 39,69 MJ. O balanço energético correspondeu a 33,26 MJ.

O maior consumo energético para a produção de biodiesel de soja, contemplando as etapas agrícolas, extração de óleo e produção de biodiesel de soja, ocorreu na etapa agrícola com 76% do consumo energético total. Seguido pelo consumo energético na etapa de produção, com 21% do consumo total;

A implantação da usina de biodiesel de soja é um investimento viável, pois proporcionará um retorno do capital investido num período inferior a 4 anos. O VPL positivo de R\$ 151.110,56, indica que o projeto irá proporcionar um retorno acima do exigido em função do risco, o que é comprovado pela TIR de 22,88% ao ano.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO DO BRASIL - **Portaria 225 de setembro de 2003**. Disponível em [www.aneel.gov.br/cedoc/blei200511097.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/blei200511097.pdf). Acesso em novembro 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP, **Designação para as misturas biodiesel/diesel**, 2011. Site: [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br), acesso em 10 novembro de 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP. **Produção de Etanol e Biodiesel**, 2011. Disponível em <http://www.anp.gov.br/> Acesso em de 20 de março de 2012

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Lei Nº 11.097, de 13 de Janeiro de 2005**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS - ABIOVE. **Base de dados, 2010**. Disponível em: <http://www.abiove.com.br/>. Acesso em 05 janeiro 2012.

ASSUMPÇÃO M.R : **Visão de mercado sob a disponibilidade de matérias primas para produção de Biodiesel**. Estudo de caso no Estado do Paraná Prodetec 2006. Dissertação (mestrado).

BEBER, J.A.C. **Eficiência energética e processos de produção em pequenas propriedades rurais, Agudo, RS**. 1989. 295f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Curso de Pós-graduação em Extensão Rural, Universidade Federal de Santa Maria.

BIODIESELBR. **Biodiesel no Brasil**, 2011. Consultado em: <http://www.biodieselbr.com>. Acesso 25 de maio de 2011.

BIODIESELBR (2006). **Transesterificação: Detalhes sobre as etapas de produção do biodiesel**. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com>. Acesso em 10 de agosto. 2011.

BONOMETO, R. P. **Análise energética do processo experimental de produção de biodiesel a partir de óleo de frango**. 2009 45 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

BRAGA, Roberto. **Fundamentos e técnicas de administração financeira**. 1 ed. São Paulo:Atlas, 1989.

BRASIL. **Balanco energético nacional 2004**. Brasília: MME, 2005. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acesso em: 29 de setembro de 2006.

\_\_\_\_\_, **ANUÁRIO BRASILEIRO DA AGROENERGIA**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2006.

\_\_\_\_\_, **ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA AGROENERGIA 2010**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ **Secretaria de Produção e Agroenergia**.

\_\_\_\_\_, Resolução ANP 42/2004. **Especificação do Biodiesel B-100**. Site: [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br), acesso em 11 de novembro de 2011.

BUENO, Osmar de C.; CAMPOS, Alessandro T.; CAMPOS, Aloísio. **T. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo**. In: **AVANCES EM INGENIERÍA AGRÍCOLA**, 2000, Buenos Aires. Anais.... Buenos Aires: Editorial Faculdade de Agronomia, 2000.

BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência do milho em assentamento rural**, Itaberá- SP. 2002. 146 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

CÂMARA, G. M.S. **Potencial da cultura da soja como fonte de matéria-prima para o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel**. In: CÂMARA, G. M. S. & HEIFFIG, L. S. (coord.): **Agronegócio de Plantas Oleaginosas: Matérias-Primas para Biodiesel**. Piracicaba: ESALQ. p. 123 – 153. 2006. Disponível em [/www.cib.org.br/pdf/biodiesel\\_brasil.pdf](http://www.cib.org.br/pdf/biodiesel_brasil.pdf). Acessado em 14 novembro 2011.

CAMPOS, A. T. et al. **Balanço energético na produção de silagem de milho em cultivos de verão e inverno com irrigação**. In: **Avances em Engenharia Agrícola**, 2001, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomia, 2000. p. 483-488.

CARVALHO, A.; GONÇALVES, G. G.; RIBEIRO, J. J. C. **Necessidades energéticas de trabalhadores rurais e agricultores na subregião vitícola de "Torres"**. **Oeiras**: Instituto Gulbenkian de Ciência, Centro de Estudos de Economia Agrária, 1974. 79 p.

CAVALETT, O., ORTEGA, E. **Emergy assessment of biodiesel from conventional, organic, and agroecological soybean**. In: **V Biennial Emergy Research Conference**, Gainesville. **Emergy Synthesis 5: Theory and Applications of the Emergy Methodology**, Gainesville, USA, 2008.

COMITRE, V. **Avaliação energética e aspectos econômicos da filière soja na região de Ribeirão Preto—SP**. 1993. 152 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola/Planejamento Agropecuário)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Janeiro 2011**. [www.conab.gov.br/conabweb](http://www.conab.gov.br/conabweb). Acessado em 20 Janeiro 2012.

CHECHETTO, R. G., SIQUEIRA, R., GAMERO, C.A. **Balanço energético para a produção de biodiesel pela cultura da mamona (Ricinus communis L.)**. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, número 4, p.546-553, 2010.

DALL'AGNOL, A; HIRAKURI, M, H. **Realidade e perspectivas do Brasil na produção de alimentos e agroenergia, com ênfase a soja**. Grupo Cultivar, p. 6-8. Pelotas RS, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **A História da soja, 2011**. Disponível em: [www.embrapa.org.br](http://www.embrapa.org.br). Acesso em novembro 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Pesquisa Agropecuária, 2011**. disponível: [www.cnpso.embrapa.br](http://www.cnpso.embrapa.br), acesso em 15 novembro, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **EMBRAPA SOJA 2010**. Disponível em: [www.cnpso.embrapa.br/soja](http://www.cnpso.embrapa.br/soja), acesso 20 janeiro 2012

ESALQ - ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ. Pólo Nacional de Biocombustíveis. **Pesquisas Sobre Biodiesel a Partir de Óleos Vegetais**. Disponível em <http://www.esalq.usp.br>, acessado em 04 março 2012.

FACULDADE ASSIS GURGACZ- FAG. **Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias (CEDETEC)**, da Fazenda Escola, 2012.

FERREIRA, F. F. **Análise da matriz energética e econômica das culturas de arroz, soja e trigo em sistemas de produção tecnificados no Rio Grande do Sul**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia da produção), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

FGV Projetos – Fundação Getúlio Vargas. **Mitos e Benefícios da Mistura B10**. Rio de Janeiro, 2010. 611 p.

GASLENE, Alain; FENTERSEIFER, Jaime E; LAMB, Roberto. **Decisões de investimentos da empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira**. 7. ed. São Paulo: Harbra, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal**, 2010. Culturas Temporárias e Permanentes volume 372010 Brasil. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Estatística da Produção Agrícola Novembro 2011**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidades>. Acesso em março 2012.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL– IPARDES. **Caderno estatístico município de Cascavel**. 2011. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/>. Acesso em dezembro 2011.

JASPER, S. P. **Cultura do crambe (CrambeabyssinicaHochst): avaliação energética, de custo de produção e produtividade em sistema de plantio direto**.

2009.103 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

KNOTHE, G. **A história dos combustíveis derivados de óleos vegetais**. In: KNOTHE, G. et al. Manual do biodiesel. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

LEMES JÚNIOR, A. B. & RIGO, C. M. e CHEROBIM, A. P. M. S. **Administração Financeira: princípios fundamentos e práticas brasileiras**. 5º ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

LOPES, E. M. **Análise da viabilidade técnica da produção de biodiesel a partir de sebo bovino**. Dissertação de mestrado. Instituto de Recursos Naturais, Universidade Estadual de Itajubá, Itajubá, 2006.

MAHAN, L.K.; ESCOTT-STUMP, S. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 9ª. Ed. São Paulo: Roca, 1998. 1.179 p.

MASSEY FERGUNSON. **Manual de Implementos agrícolas 2012**.

MELLO, Renato de. **Análise energética de agroecossistemas: O caso de Santa Catarina**. Florianópolis-SC, dissertação de mestrado, PGEP /UFSC, 1986.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Balço Energético Nacional (2008)**. Disponível em <http://www.mme.gov.br>, acesso em maio de 2012.

MOTTA, Régis da Rocha. CALÔBA, Guilherme Marques. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

MOURAD, A. L. **Avaliação da cadeia produtiva de biodiesel obtido a partir de soja**. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

MONDAINI, I.; KIMPARA, D. I. **Avaliação financeira da produção de maracujá**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2003.

NOGUEIRA, L. A. H. **Análise da utilização de energia na produção de álcool de cana de açúcar**. 1987. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1987.

OLIVEIRA, L.B. 2001. **Biodiesel** – Combustível limpo para transporte sustentável. COPPE/UFRJ.

PAULILLO, L.F., Vian, C.E de Freitas, Shikida, P.F.A., Mello, F., **Álcool combustível e biodiesel: quo vadis?** RER, Rio de Janeiro, vol.45, número 03,julho/set 2007.

PARENTE, E.J.S. **Biodiesel:uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Unigráfica, 2003.

PERES, S; SHULER, A.; ALMEIDA, C.H.; SOARES, M.B.; CAMPOS, R.; LUCENA, A. **Caracterização e Determinação do Poder Calorífico e do Número de Cetano**

**de Vários Tipos de Biodiesel Através da Cromatografia.** Disponível em: [www.biodiesel.gov.br](http://www.biodiesel.gov.br). Acessado em 10 de maio de 2012.

PIMENTEL, D.; PATZEK, T. W. Ethanol production using corn, switchgrass, and Word; Biodiesel production using soybean and sunflower. **Natural Resources Research**, Minnesota, Duluth, v. 14, n. 1, March, 2005.

PIMENTEL, D. *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1980. 475p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CASCAVEL. Localização do Município de Cascavel, 2011. Disponível em: <http://www.cascavel.pr.gov.br>.

RISOUD, B. Développement durable et analyse énergétique d' exploitations agricoles. **Économie Rurale**, n. 252, p. 16-27, juil/out, 1999.

ROCHA, T. B.; ALMEIDA NETO, J. A. **Análise energética na produção do biodiesel de mamona: estudo comparativo entre as rotas catalíticas homogênea e heterogênea.** Cilca, 2007.

SANTOS, T. M. B.; LUCAS JÚNIOR, J. DE. **Balanco Energético em Galpões de Frango de Corte.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal. V. 24. n 1. p 25-36, janeiro-abril de 2004.

SCHLESING, S. **A Soja no Brasil. Brasil Sustentável e Democrático 2004.** Disponível em <[uma.terra.free.fr/2Agrobusiness/soja-Brasil.rtf/](http://uma.terra.free.fr/2Agrobusiness/soja-Brasil.rtf/)>. Acesso em: Janeiro 2012.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; SEDIYAMA, C.S.; GOMES, J.L.L. **Cultura da soja.** Viçosa: UFV, 1993.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS ENPRESAS – SEBRAE. **Cartilha do biodiesel**, 2006. [www.biblioteca.sebrae.com.br](http://www.biblioteca.sebrae.com.br). Acesso em 15 novembro 2011.

SERRÃO, A. A., OCÁCIA, G.C. Produção de biodiesel de soja no Rio Grande do Sul. **Revista Liberato**, 2007. Disponível em: <http://www.liberato.com.br>. Acesso em: Maio 2012.

SHEEHAN, J. CAMOBRECO, V.; DUFFIELD, J.; GRABOSKI, M.; SHAPOURI, H. **Life Cycle Inventory of Biodiesel and Petroluem Diesel for Use in na Urban Bus: Final Report.** s.n.t.p. 1998 (Relatório NREL/SR 580-24089, Golden EUA).

STAR TECHNOLOGY: **Unidade de Biodiesel.** Orçamento de implantação de uma Usina de Biodiesel. Horizontina / RS.

USDA - DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS. **Levantamento da safra de soja mundial.** 2011. Disponível em <http://www.agrolink.com.br/culturas/soja/estatisticas.aspx>, acesso em janeiro, 2011.

YUSTE, A.J. e M.P. DORADO. 2006. **A Neural Network Approach to Simulate Biodiesel Production from Waste Olive Oil.** Energy & Fuels, pp. 399-402.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Determinação das necessidades calóricas

<b>Mão-de-obra (Comum)</b>	<b>Ocupação</b>	<b>h.dia<sup>-1</sup></b>	<b>MJ.8h<sup>-1</sup></b>	<b>MJ.h<sup>-1</sup></b>	<b>MJ.ha<sup>-1</sup></b>
Tempo de sono		8	2/6 do GER	2,615	3,92
Trabalho	Semeadura Adubação	8	7/6 do GER	9,15	13,72
Ocupações não profissionais		8	3/6 do GER	3,92	5,88
<b>GER = 7,845 MJ</b>					
<b>Total</b>		<b>24</b>		<b>15,685</b>	<b>23,52</b>

Fonte: Adaptado de Bueno (2002). Dados de pesquisa em campo, (2012).

## Anexo 2. Determinação das necessidades calóricas

<b>Mão-de-obra (Tratorista)</b>	<b>Ocupação</b>	<b>h.dia<sup>-1</sup></b>	<b>MJ.8h<sup>-1</sup></b>	<b>MJ.h<sup>-1</sup></b>	<b>MJ.ha<sup>-1</sup></b>
Tempo de sono		8	2/6 do GER	1,27	1,9
Trabalho	Semeadura Adubação	8	5/6 do GER	3,19	4,78
Ocupações não profissionais		8	3/6 do GER	1,91	2,86
<b>GER = 3,83 MJ</b>					
<b>Total</b>		<b>24</b>		<b>6,37</b>	<b>9,54</b>

Fonte: Adaptado de Bueno (2002). Dados de pesquisa em campo, (2012).

## Anexo 3. Determinação das necessidades calóricas

Mão-de-obra (Comum)	Ocupação	h.dia <sup>-1</sup>	MJ.8h <sup>-1</sup>	MJ.h <sup>-1</sup>	MJ.ha <sup>-1</sup>
Tempo de sono		8	2/6 do GER	2,615	1,3
Trabalho	Aplicação de Defensivos	8	8/6 do GER	10,46	5,23
Ocupações não profissionais		8	3/6 do GER	3,92	1,96
<b>GER = 7,845 MJ</b>					
<b>Total</b>		<b>24</b>		<b>16,99</b>	<b>8,49</b>

Fonte: Adaptado de Bueno (2002). Dados de pesquisa em campo, (2012).

## Anexo 4. Determinação das necessidades calóricas

Mão-de-obra (Tratorista)	Ocupação	h.dia <sup>-1</sup>	MJ.8h <sup>-1</sup>	MJ.h <sup>-1</sup>	MJ.ha <sup>-1</sup>
Tempo de sono		8	2/6 do GER	1,27	0,635
Trabalho	Aplicação de Defensivos	8	8/6 do GER	5,1	2,55
Ocupações não profissionais		8	3/6 do GER	1,91	0,955
<b>GER = 3,83 MJ</b>					
<b>Total</b>		<b>24</b>		<b>8,28</b>	<b>4,14</b>

Fonte: Adaptado de Bueno (2002). Dados de pesquisa em campo, (2012).

## Anexo 5. Determinação das necessidades calóricas

Mão-de-obra (Comum)	Ocupação	h.dia <sup>-1</sup>	MJ.8h <sup>-1</sup>	MJ.h <sup>-1</sup>	MJ.ha <sup>-1</sup>
Tempo de sono		8	2/6 do GER	2,615	3,92
Trabalho		8	9/6 do GER	11,76	17,64
	Colheita				
Ocupações não profissionais		8	3/6 do GER	3,92	5,88
<b>GER = 7,845 MJ</b>					
<b>Total</b>		<b>24</b>		<b>19,29</b>	<b>27,44</b>

Fonte: Adaptado de Bueno (2002). Dados de pesquisa em campo, (2012).

## Anexo 6. Determinação das necessidades calóricas

Mão-de-obra (Tratorista)	Ocupação	h.dia <sup>-1</sup>	MJ.8h <sup>-1</sup>	MJ.h <sup>-1</sup>	MJ.ha <sup>-1</sup>
Tempo de sono		8	2/6 do GER	1,27	1,9
Trabalho		8	3/6 do GER	1,91	2,86
	Colheita				
Ocupações não profissionais		8	3/6 do GER	1,91	2,86
<b>GER = 3,83 MJ</b>					
<b>Total</b>		<b>24</b>		<b>5,09</b>	<b>7,62</b>

Fonte: Adaptado de Bueno (2002). Dados de pesquisa em campo, (2012).

## Anexo 7. Massa, altura, idade e GER

Atividades, trabalhador	Dados dos trabalhadores					
	Gênero	Massa (kg)	Altura (cm)	Idade (Anos completos)	GER (kcal)	GER (MJ)
<b>Semeadura</b>						
<b>Adubação</b>						
- Tratorista	Masculino	75	173	28	916,56	3,83
- Trab. Comum	Masculino	79	170	19	1873,93	7,845
<b>Aplicação de Defensivos</b>						
- Tratorista	Masculino	75	173	28	916,56	3,83
- Trab. Comum	Masculino	79	170	19	1873,93	7,845
<b>Colheita</b>						
- Tratorista	Masculino	75	173	28	916,56	3,83
- Trab. Comum	Masculino	79	170	19	1873,93	7,845

Fonte: Adaptado de Bueno (2002). Dados de pesquisa em campo, (2012).

## Anexo 8. Cálculo de consumo de óleo diesel para cada etapa

Diesel				
Operação	Máquina	Quant. (l.ha <sup>-1</sup> )	Coef. Energ. (kcal.l <sup>-1</sup> )	Resultado (MJ.ha <sup>-1</sup> )
<b>Semeadura Adubação</b>	Trator 86 cv	4,15	40,88	168,92
<b>Aplicação de Defensivos (*)</b>	Trator 86 cv	(5*4,15)	40,88	844,6
<b>Colheita</b>	Colhedora 130 cv	9,02	40,88	368,737

Fonte: Dados de pesquisa em campo, (2012). (\*) 5 etapas de aplicação

## Anexo 9. Cálculo de consumo de graxa para cada etapa

Graxa				
Operação	Máquina	Quant. (l.ha <sup>-1</sup> )	Coef. Energ. (kcal.l <sup>-1</sup> )	Resultado (MJ.ha <sup>-1</sup> )
<b>Semeadura Adubação</b>	Trator 86 cv	0,16	43,38	6,94
<b>Aplicação de Defensivos (*)</b>	Trator 86 cv	(5*0,16)	43,38	34,7
<b>Colheita</b>	Colhedora 130 cv	0,16	43,38	6,94

Fonte: Dados de pesquisa em campo, (2012). (\*) 5 etapas de aplicação

## Anexo 10. Cálculo de consumo de graxa para cada etapa

Lubrificante				
Operação	Máquina	Quant. (l.ha <sup>-1</sup> )	Coef. Energ. (kcal.l <sup>-1</sup> )	Resultado (MJ.ha <sup>-1</sup> )
<b>Semeadura Adubação</b>	Trator 86 cv	0,08	37,75	3,02
<b>Aplicação de Defensivos (*)</b>	Trator 86 cv	(5*0,08)	37,75	15,1
<b>Colheita</b>	Colhedora 130 cv	0,108	37,75	4,07

Fonte: Dados de pesquisa em campo, (2012). (\*) 5 etapas de aplicação

## Anexo 11. Cálculo de consumo energético de máquinas e equipamentos

<b>Máquinas e Equipamentos – Consumo Energético</b>								
<b>Etapa</b>	<b>Equip.</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>10%M</b>	<b>V<sub>u</sub> (h)</b>	<b>t<sub>u</sub> (h)</b>	<b>DE (kg)</b>	<b>Coef. Energético (MJ.kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>E (MJ)</b>
<b>Semeadura</b>	Trator	2850	285	10000	1,5	0,171	14,62	2,5
<b>Adubação</b>	Semeadora	3170	317	4800	1,5	0,39	8,62	3,36
<b>Defensivos</b>	Trator(*)	2850	285	10000	0,5	0,513	14,62	37,5(*)
<b>(*)</b>	Pulverizador(*)	400	40	4800	0,5	0,15	8,35	7,65(*)
<b>Colheita</b>	Colhedora	7193	719,3	7200	1,5	0,599	13,01	7,79
<b>Total</b>								<b>58,8</b>

Fonte: Adaptado de Comitre(1993). Dados de pesquisa em campo, (2012). (\*) 5 etapas de aplicação