



Universidade Estadual de Maringá

Programa de Pós-Graduação em Bioenergia

LEANDRO DE SOUZA REICHEL

**INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (ICV) DA PRODUÇÃO DE
SOJA NO PARANÁ**

Maringá - PR

2012

LEANDRO DE SOUZA REICHEL

**INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (ICV) DA PRODUÇÃO DE
SOJA NO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao curso de
Mestrado em Bioenergia da Universidade
Estadual de Maringá, área de concentração
Biocombustíveis.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Antonio da Silva
Sá Ravagnani

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Irene Domenes
Zapparoli

Maringá - PR

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

R349i Reichel, Leandro de Souza
Inventário do ciclo de vida (ICV) da produção de
soja no Paraná / Leandro de Souza Reichel. --
Maringá, 2012.
xi, 87 f. : il. col., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Antonio da Silva Sá
Ravagnani.
Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Irene Domenes
Zapparoli.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia,
2012.

1. Soja - Inventário do ciclo de vida (ICV) -
Paraná. 2. Soja - Análise do ciclo de vida (ACV) -
Paraná. 3. Bioenergia. I. Ravagnani, Mauro Antonio
da Silva Sá, orient. II. Zapparoli, Irene Domenes,
co-orient. III. Universidade Estadual de Maringá.
Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. IV. Título.

CDD 21.ed. 660.284

AMMA-00351

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENERGIA

Esta é a versão final da dissertação de Mestrado apresentada por **Leandro de Souza Reichel** perante a Comissão Julgadora do Curso de Mestrado em Bioenergia em 29 de fevereiro de 2012.

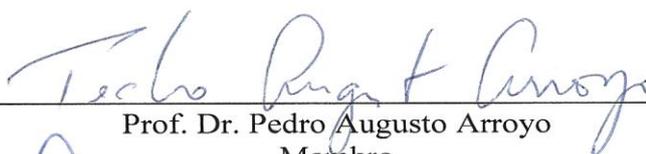
COMISSÃO JULGADORA



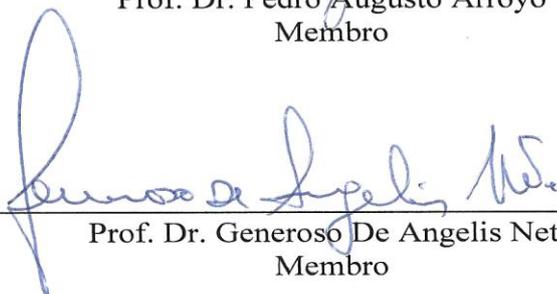
Prof. Dr. Mauro Antônio da Silva Sá Ravagnani
Orientador/Presidente



Profª Drª Irene Domenes Zapparoli
Coorientadora



Prof. Dr. Pedro Augusto Arroyo
Membro



Prof. Dr. Generoso De Angelis Neto
Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e acima de tudo agradeço a Deus, que é minha fonte inabalável de força e discernimento, pela oportunidade de realizar mais esta etapa da vida.

Agradeço a Valéria Militão Reichel, minha querida esposa pela paciência e colaboração durante toda minha permanência no curso.

Desejo apresentar a minha eterna e profunda gratidão aos colegas e Professores que estiveram presentes durante minha permanência no curso.

Agradeço a todas as instituições ligadas direta e indiretamente ao Mestrado em Bioenergia, em especial a Universidade Estadual de Londrina e a Universidade Estadual de Maringá.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr Mauro Antonio da Silva Sá Ravagnani, à minha coorientadora Prof^a. Dra Irene Domenes Zapparoli não só pela constante orientação neste trabalho, mas, sobretudo por toda segurança nos momentos de orientação, pelas dicas e sugestões que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Agradeço aos membros da família por estarem sempre presentes.

*Pouco conhecimento faz com que as
pessoas se sintam orgulhosas. Muito
conhecimento, que se sintam humildes.*

Leonardo da Vinci

REICHEL, Leandro de Souza. **Inventário do ciclo de vida (ICV) da produção de soja no Paraná**. 98 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

RESUMO

Este estudo teve o objetivo de elaborar um Inventário do Ciclo de Vida (ICV) da soja no Paraná, contabilizando as principais entradas e saídas na fase agrícola de produção da soja. A Análise do Ciclo de Vida do Produto (ACV) consiste na contabilização de todos os impactos ambientais que têm lugar desde a aquisição da matéria-prima, dos produtos previamente manufaturados, até ao impacto de fim de vida. Busca-se medir o nível de energia e determinar as principais matérias-primas utilizadas no processo produtivo da cultura da soja. O estudo aponta para uma tendência de aumento na produção de biodiesel, além de apresentar uma visão em relação à atual situação do Estado do Paraná como o segundo maior produtor de soja no Brasil, principal oleaginosa utilizada na fabricação do biodiesel. O Inventário do Ciclo de Vida elaborado permitiu constatar as quantidades dos principais micronutrientes, materiais auxiliares e consumo de diesel na forma de *inputs* durante o preparo do solo e das sementes para a produtividade de uma tonelada de grãos de soja, sendo que todos os cálculos foram realizados para a safra 2010/2011, que registrou uma produção de 15,4 milhões de toneladas na Região do Paraná. As saídas foram verificadas nas formas de emissões para o solo, emissões atmosféricas e emissões líquidas. Verifica-se que durante a fase agrícola da soja, os efeitos antrópicos são elevados quando se compara a quantidade de insumos e energia utilizados no processo e o nível de emissão para o meio-ambiente, chegando a contabilizar emissões em torno de 90% do total da entrada. O Inventário do Ciclo de Vida apresentado no trabalho colabora como instrumento para a avaliação dos reais impactos que a cultura da soja na sua fase de agrícola tem no Estado de Paraná, além de apresentar a metodologia da Análise do Ciclo de Vida como instrumento de avaliação de impacto de processos produtivos.

Palavras-chave: Inventário do Ciclo de Vida (ICV), Análise do Ciclo de Vida (ACV), Paraná

REICHEL, Leandro de Souza. **Life Cycle Inventory (LCV) of the production of soy in the Paraná**. 98 f. Dissertation (Post-Graduation, Master in Bioenergy) – Center of Technology, UEM, Maringá, 2012.

Abstract

This study had the objective to elaborate an Life Cycle Inventory (LCV) of the soy in the Paraná, being entered the main entrances and exits in the agricultural phase of production of the soy. The Life Cycle Assessment of Product (ACV) consists of the accounting of all the environmental impacts that have place since the acquisition of the raw material, of the products previously manufactured, until the o impact of life end. It attempts to measure the energy level and determine the main raw materials used in the production process of the soybean crop. The study it points with respect to a trend of increase in the production of biodiesel, beyond presenting a view in relation to the current situation of the State of the Paraná as the bigger producer of soy in Brazil, main oilseed used in the manufacture of biodiesel. The Life Cycle Inventory elaborated allowed to evidence the amounts of the main micronutrients, materials auxiliary and consumption of diesel in the form of inputs during the preparation of the ground and the seeds for the productivity of a ton of soy grains, being that all the calculations had been carried through for harvest 2010/2011, that a production of 15,4 million tons in the Region of the Paraná registered. The exits had been verified in the forms of emissions for the ground, atmospheric emissions and liquid emissions. It is verified that during the agricultural phase of the soy, the anthropic effects are raised when compares the amount of inputs and energy used in the process and the level of emission for the half-environment, having arrived to enter emissions around 90% of the total of the entrance. The Life Cycle Inventory presented in the work collaborates as instrument for the evaluation of the real impacts that the culture of the soy in its phase of agriculturist has in the State of Paraná, beyond presenting the methodology of the Life Cycle Assessment as instrument of evaluation of impact of productive processes.

Keywords: Life Cycle Inventory, Life Cycle Assessment, Paraná

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução da área plantada, produção e produtividade da soja no Brasil 1999 - 2011	6
Tabela 2 – Exportação brasileira de soja em grãos, no período de 1997–2010.	11
Tabela 3 – Exportação brasileira de farelo de soja, no período de 1997–2010..	12
Tabela 4 – Exportação brasileira de óleo soja, no período de 1997–2010	13
Tabela 5 – Oferta Brasileira de Energia - 2008-2009 (em %).....	28
Tabela 6 – Capacidade de processamento, refino e envase de óleos vegetais - 2009	35
Tabela 7 – Inventário da fase do preparo do solo para o plantio de soja no Paraná – Safra 2010-2011.....	45
Tabela 8 – Entradas na produção de soja.....	50
Tabela 9 – Inventário da fase do plantio de soja no Paraná – Safra 2010-2011.	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cenário produtivo da soja – Safra 2008-2009.	5
Figura 2 – Produção regional de soja no Brasil – 1996-2011	7
Figura 3 – Produção de soja no Mato Grosso e Paraná – 1996–2011.....	8
Figura 4 – Cadeia produtiva da soja no Brasil.....	10
Figura 5 – Destino da soja em grãos do Brasil - 2010.....	14
Figura 6 – Destino do farelo de soja do Brasil - 2010	14
Figura 7 – Destino do óleo de soja brasileiro - 2010	15
Figura 8 – Fluxo de produção do biodiesel.....	20
Figura 9 – Cadeia produtiva do biodiesel de óleo vegetal.....	23
Figura 10 – Etapas produtivas do óleo de soja para obtenção do biodiesel	24
Figura 11 – Oferta interna de energia primária por combustível – 2009	27
Figura 12 – A evolução dos biocombustíveis no Brasil.....	30
Figura 13 – Matérias-primas na produção de biodiesel.....	31
Figura 14 – Consumo de biodiesel no Brasil – 2006–2013	32
Figura 15 – Produção de biodiesel no Brasil – 2005–2010 (Barris equivalentes de petróleo – bep).....	32
Figura 16 – Etapas da análise do ciclo de vida.....	41
Figura 17 – Destino dos defensivos agrícolas após a aplicação	47
Figura 18 – Sistema de plantio direto da soja.....	63

Sumário

1 INTRODUÇÃO	1
2 DESENVOLVIMENTO.....	4
2.1 Evolução da Cultura da Soja.....	4
2.1.1 Cadeia Produtiva da Soja no Brasil.....	5
2.1.2 Impactos Socioeconômicos da Soja	15
2.2 Características do Biodiesel.....	18
2.2.1 Cadeia Produtiva do Biodiesel	22
2.2.1.1 Biodiesel na Matriz Energética Brasileira.....	26
2.2.1.2 Biodiesel no Paraná.....	33
2.2.1.3 Críticas ao Biodiesel	35
3 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV).....	38
3.1 Metodologia da Análise do Ciclo Vida (ACV)	39
3.2 Análise do Ciclo de Vida para o Biodiesel da Soja	42
4 INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA	44
4.1 Definição do Escopo	44
4.2 Coleta de Dados	44
4.3 Inventário do Ciclo de Vida na Fase de Preparação para Semeadura	45
4.4 Inventário do Ciclo de Vida na Fase do Plantio da Soja	50
4.5 Inventário do Ciclo de Vida na Fase do Manejo da Soja.....	52
4.6 Inventário do Uso de Energia na Produção da Soja	57
4.7 Manejo do Solo na Produção da Soja no Estado do Paraná	62
5 CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS.....	68
ANEXOS	75
ANEXO A – Herbicidas Usados na Cultura da Soja.....	75

ANEXO B – Principais Pragas da Cultura da Soja.....	79
ANEXO C – Inseticidas Usados na Cultura da Soja.	82
ANEXO D – Fungicidas Usados na Cultura da Soja.....	87

1 INTRODUÇÃO

A economia global está cada vez mais investindo na produção e viabilização de novas fontes de energias, priorizando as de fontes renováveis que são capazes de substituir o petróleo e seus derivados na matriz energética mundial.

A década de 1970 é marcada no campo econômico pela crise energética que se deflagrou em dezembro de 1973 em decorrência da criação da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), se constituindo em um cartel, conhecido como o “primeiro choque do petróleo”, levando a aumentos significativos no preço da matéria-prima no mercado internacional.

Como forma de resposta a crise do setor petrolífero, surge no mercado uma necessidade de reduzir cada vez mais a dependência do petróleo e de seus derivados como forma de energia. Desta forma ocorrem movimentos de investimento no desenvolvimento de tecnologia de produção e uso de fontes alternativas de energia economicamente mais viáveis e ambientalmente mais corretas.

O biodiesel, em virtude de ser uma energia limpa, proveniente de recursos renováveis de origem animal e vegetal, por ser responsável pela redução de emissão do dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera via substituição dos combustíveis fósseis, por ser um mecanismo passível de ser utilizado como mecanismo de desenvolvimento rural é uma estratégia que está sendo usada em escala crescente pela economia mundial.

No processo produtivo do biodiesel temos diversas fontes de matéria-prima de origem animal e vegetal, sendo que a soja apresenta-se como a matéria-prima mais utilizada em escala mundial na produção do biodiesel. Portanto, surge a necessidade de se compreender os efeitos que a cultura da soja e a consequente produção de biodiesel geram para a sociedade.

Apesar do biocombustível ser responsável por impactos positivos é necessário considerar os aspectos negativos da utilização de tal energia. Portanto, os biocombustíveis apresentam-se como uma via de duas mãos, além dos aspectos positivos já apresentados, como o caso da redução de poluentes em comparação ao uso de combustíveis fósseis, a produção deste tipo de energia também acarreta resultados negativos para a sociedade.

A discussão sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira tem como pano de fundo argumentos que abarcam as dimensões da inclusão social, da organização dos agricultores, de manifestações implícitas de interesses corporativistas setoriais e questões ambientais.

Com base na grande contribuição histórica do cultivo de soja no Brasil, principalmente, no campo econômico e pela significativa influência no cenário geográfico de algumas regiões, tendo em vista a liderança do óleo de soja na produção de biodiesel e adicionando o fato do Estado do Paraná ser o segundo maior produtor nacional da soja, a discussão torna-se necessária seja para contribuir para o correto diagnóstico do impacto socioeconômico e ambiental de tal insumo para a produção de biodiesel no país e no Paraná, seja como elemento utilizado na avaliação dos resultados obtidos pela condução das políticas públicas referentes aos biocombustíveis no Brasil.

Com o propósito de colaborar com esta questão o objetivo principal deste estudo é elaborar um inventário da produção de soja no Estado do Paraná, para servir como subsídio para futuras discussões dos aspectos econômicos, sociais e ambientais relativos à produção do biodiesel a partir da produção de soja baseada em uma agricultura de herbicidas, levando-se em consideração as consequências ambientais com o cultivo da mesma, aumento da produção brasileira no horizonte temporal e questões sociais relativas à sua produção.

Pretende-se ainda, verificar o segmento da cultura da soja no Paraná, dando enfoque principalmente nos anos pós década de 2000. No entanto, em alguns momentos com o intuito de comparação, o trabalho pode resgatar estatísticas anteriores ao período em destaque. Desta maneira há um esforço em discutir de forma sistemática os principais impactos da produção de soja na Região Paranaense, identificando a estrutura produtiva do biodiesel de soja, além de apresentar a metodologia da Análise do Ciclo de Vida (ACV), que consiste na contabilização de todos os impactos ambientais que têm lugar desde a aquisição da matéria-prima, assim como produtos previamente manufaturados, até ao impacto de fim de vida.

A metodologia compreende uma revisão bibliográfica de estudos referentes aos processos de produção de biocombustíveis bem como de economia agrícola e ambiental voltadas para o setor de novas fontes de energia. No estudo

proposto será realizada a fase de inventário da ACV, na qual são determinadas as quantidades de energia e matérias-primas utilizadas no processo produtivo da cultura da soja.

A base de dados utilizada é constituída principalmente por informações disponibilizadas: i) pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); ii) pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); iii) pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC); iv) pela Associação de Produtores de Bioenergia do Estado do Paraná (ALCOPAR); v) pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), vi) pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), vii) pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), e, viii) pelo Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Este trabalho está estruturado em quatro partes além da Introdução. Com o intuito de situar o leitor acerca do tema debatido, a segunda parte deste estudo trata da exposição do cenário evolutivo da cultura da soja no Brasil e na região paranaense, e ainda discute as características da produção do biodiesel, o impacto dessa energia na matriz energética brasileira, o biodiesel no Paraná e as principais críticas que são encontradas em relação à produção do biocombustível.

Na terceira parte é verificada a evolução da metodologia do ciclo de vida bem como sua estrutura.

A quarta parte do trabalho proporciona o Inventário do Ciclo de Vida elaborado para a produção de soja nas condições do Estado do Paraná, com base na produtividade obtida durante a safra 2010/2011. São abordados aspectos desde o preparo para a semeadura, passando pelas fases entre plantio e manejo do solo.

Por fim, na última parte estão apresentadas as conclusões e limitações do estudo.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Evolução da Cultura da Soja

A soja, de nome científico *Glycine max*, é uma leguminosa proveniente do sudeste asiático. Pelas suas características funcionais, pelo alto teor proteico de seus grãos 38% em média, e pela sua fácil adaptação aos diversos tipos de clima, tais fatores a colocam entre as principais oleaginosas cultivadas do mundo (BERTRAND *et al.*, 1987).

A cultura da soja foi introduzida no Brasil durante o ano de 1882 no Estado da Bahia. Devido às condições climáticas (principalmente a baixa latitude) da região o cultivo da lavoura não progrediu. Em 1900 a leguminosa foi testada no sul do país, mais especificamente no Rio Grande do Sul, região de condições climáticas favoráveis ao cultivo da soja.

Durante os anos 1920 e 1940, tanto nos Estados Unidos quanto no Brasil a soja foi utilizada com vista a avaliar seu desempenho como forrageira, só posteriormente foi plantada com fins de destinar o grão às indústrias de farelos e óleos vegetais. Graças aos incentivos fiscais que os produtores receberam em meados dos anos 50, a cultura se expandiu rapidamente proporcionando uma estrutura que favoreceu o crescimento do setor da soja no Brasil (WEHRMANN, 1999).

A importância econômica do cultivo da soja no Brasil pode ser justificada, por exemplo, por ter sido uma das culturas que maior crescimento apresentou no cultivo e no segmento agroindustrial a partir da segunda metade do século XX no país (BARBOSA; ASSUMPÇÃO, 2001).

Por um lado a soja é vista como desbravadora de fronteiras, levando progresso e desenvolvimento ao país.

Entre 1970 e 1985, a expansão da soja ocorreu baseada na abertura e consolidação de novas áreas para agricultura nas regiões Sul e Centro-Oeste. Essa forma de expansão deveu-se, em grande parte, a três fatores: mercados nacional e internacional favoráveis, políticas agrícolas de incentivo ao complexo agroindustrial nacional e desenvolvimento e oferta crescentes de modernas tecnologias de produção. (LAZZAROTTO; HIRAKURI, 2009, P. 22).

Outra visão revela que o modelo pelo qual foram implantadas culturas comerciais no Brasil, inclusive a soja, excluiu produtores familiares, concentrou a

posse de terras e aumentou o tamanho das propriedades. Este modelo foi a chamada modernização conservadora, que resultou a modernização dos processos produtivos, mantendo a estrutura agrária vigente, isto é, os latifúndios e a produção patronal (EHLERS, 1994).

2.1.1 Cadeia Produtiva da Soja no Brasil

Na área agrícola brasileira a cultura da soja é a que apresentou maior crescimento durante as últimas três décadas, sendo cultivada em 49% da área plantada em grãos em todo território nacional. O aumento produtivo da cultura está diretamente relacionado com os avanços tecnológicos, aliado ao manejo e eficiência dos produtores. Sua cultura é desenvolvida em maior escala nas regiões Centro-Oeste e Sul do país. Desta maneira, a soja se transformou em um dos produtos mais destacados da agricultura nacional e na balança comercial (MAPA, 2011).

A Figura 1 mostra a participação da produção de soja do mercado brasileiro na produção mundial.

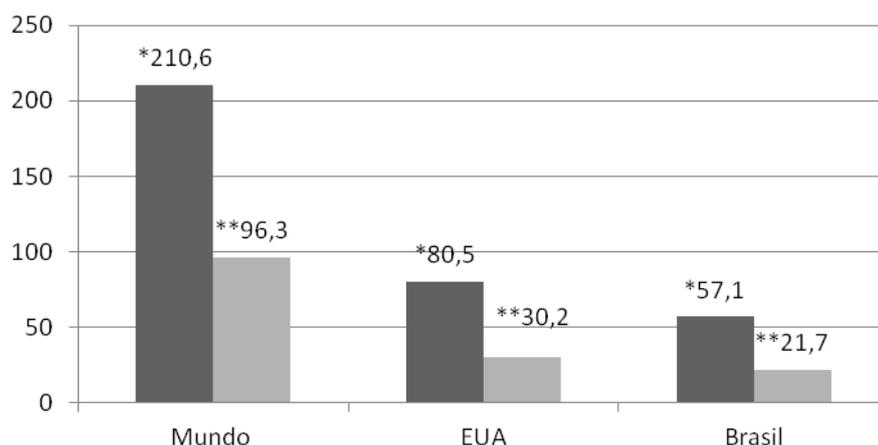


Figura 1: Cenário Produtivo da Soja - Safra 2008 -2009.

* Produção em milhões de toneladas.

** Área plantada em milhões de hectares.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Embrapa (2010).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2010) o Brasil é o segundo maior produtor de soja, sendo que na safra 2008/09 foi responsável pela produção de 57,1 milhões de toneladas do grão com uma área

plantada de 21,7 milhões de hectares, ficando atrás apenas dos Estados Unidos que contabilizou uma produção de 80,5 milhões de toneladas do produto no mesmo período em uma área de 30,2 milhões de hectares.

Como se percebe na Figura 1 em termos mundiais a produção da soja foi em torno de 210,6 milhões de toneladas produzidos em uma área plantada de 96,3 milhões de hectares. Isto equivale a dizer que o Brasil foi responsável por 27,11% da produção mundial e que a lavoura ocupa no país o equivalente a 22,53% do total da área plantada no mercado mundial.

A Tabela 1 fornece dados relativos à evolução do cultivo e produção da soja no cenário nacional, em que é possível verificar avanços significativos, principalmente, no que tange à área plantada.

Tabela 1 – Evolução da área plantada, produção e produtividade da soja no Brasil 1999 - 2011.

Safra	Área Plantada (Milhões ha)	Produção (Milhões de t.)	$\Delta\%$ ***	Produtividade (t/ha)
99/00	13,62	32,89	0,00	2,41
00/01	13,97	38,43	0,16	2,75
01/02	16,39	42,23	0,09	2,57
02/03	18,47	52,01	0,23	2,81
03/04	21,38	49,79	-0,04	2,32
04/05	23,30	52,30	0,05	2,24
05/06	22,75	52,02	0,00	2,41
06/07	20,68	58,39	0,12	2,82
07/08	21,31	60,01	0,02	2,81
08/09	21,74	57,16	-0,04	2,62
09/10*	23,46	68,68	0,20	2,92
10/11**	24,07	68,55	0,00	2,84

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Companhia Nacional de Abastecimento (2011).

* Dados preliminares.

** Dados estimados.

*** Variação percentual da produção.

Conforme estimativa da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2011) para a safra 2009/10 a soja é a cultura de maior destaque, apresentando crescimento de 20,20% ou cerca de 11,52 milhões de toneladas em relação à safra anterior, sendo seguida pelo milho safrinha, que é a segunda lavoura com maior destaque, com incrementos de 27,10% ou 4,7 milhões de toneladas em comparação

ao período anterior. Para a safra 2010/11 a previsão é de que a produção de soja sofra uma pequena redução algo em torno de 0,19%.

Produção Regional

A produção regional de soja no Brasil é liderada pela Região Centro-Oeste e pela Região Sul. O Sul liderou a produção até a segunda metade da década de 1990. A partir de 1999, a produção da Região Centro-Oeste começa a ser superior a da do Sul, passando a figurar no cenário nacional como a maior produtora de soja, devido, principalmente, a fatores tecnológicos e migração dos produtores do sul, atraídos pelo preço relativamente barato das terras na região.

A Figura 2 apresenta a evolução do cenário produtivo de soja Brasil.

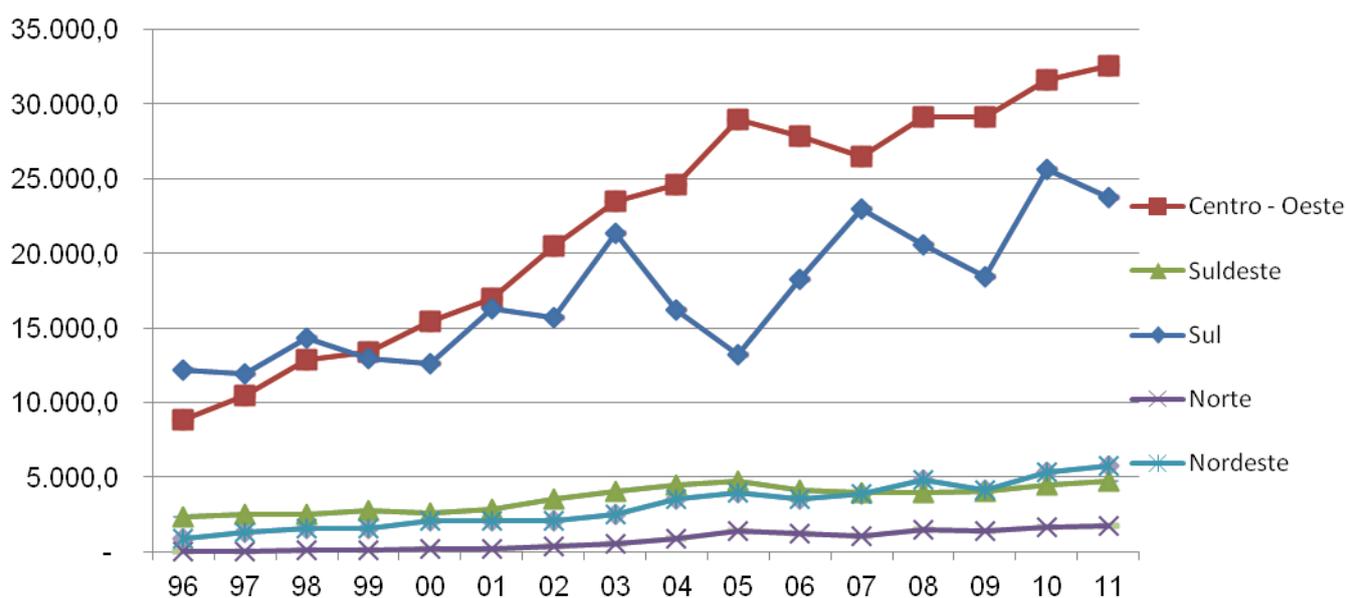


Figura 2: Produção Regional de Soja no Brasil - 1996 - 2011.

Produção em milhões de toneladas.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Companhia Nacional de Abastecimento (2011).

Devido a problemas climáticos no ano de 2005, houve uma queda na safra nacional de grãos incluindo a soja, sendo a Região Sul a mais afetada. Na safra de 2003 a produção do Sul havia sido de 21,340 milhões de toneladas, já em 2005 a produção de grãos foi em torno de 13,206 milhões de toneladas, ou seja, houve uma variação negativa na ordem de 38,12% durante este período.

A Região Centro-Oeste não sentiu os efeitos do clima, pelo menos em relação à cultura da soja, que permaneceu em crescimento atingindo uma produção total de 28,973 milhões de toneladas, um dos níveis mais elevados da região, representando um aumento em torno de 23,12% em relação à safra de 2003. As demais Regiões apresentam poucas oscilações, principalmente após a colheita de 2003/04, permanecendo praticamente constante sua participação na produção de soja, graças aumento da produção do Centro-Oeste, a produção não nacional não tem um declínio, conforme visto na Tabela 1.

Na safra 2008/09 o país volta a sofrer com problemas climáticos. A seca castigou a colheita da soja em todas as regiões do país. Novamente, a Região Sul foi a maior prejudicada, tendo sua produção reduzida em 2,221 milhões de toneladas, saindo de 20,618 milhões de toneladas na safra anterior para atingir 18,397 milhões em 2008/09, o que correspondeu a uma queda de 10,77% na colheita do grão.

A Figura 3 apresenta as variações da produção de soja nos Estados do Mato Grosso e Paraná. Os dois Estados são, respectivamente, o primeiro e segundo maior produtor de soja no cenário brasileiro, sendo representativos das Regiões Centro-Oeste e Sul. Por exemplo, o crescimento da produção de soja do Centro-Oeste foi proporcionado principalmente pelo aumento significativo na participação do Estado do Mato Grosso.

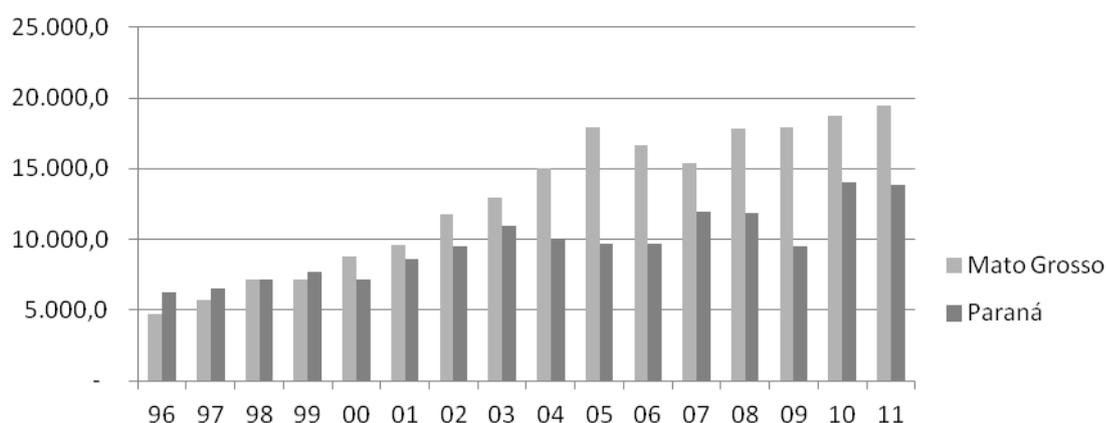


Figura 3: Produção de Soja no Mato Grosso e Paraná - 96 - 11.

Produção em milhões de toneladas.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Companhia Nacional de Abastecimento (2011).

O Estado do Mato Grosso ocupa a posição de maior produtor nacional de soja, sendo responsável pela produção de 17,963 milhões de toneladas (31,46% da produção nacional), em uma área de 5,8 milhões de hectares (26,73% da área total cultivada no país), durante a safra 2008/09.

O Paraná ocupa a segunda posição, sendo que a produção da oleaginosa, concomitantemente à Região Sul, foi reduzida em 2,386 milhões de toneladas, passando para 9,509 milhões de toneladas, ante 11,896 milhões na safra anterior. Isto contabiliza uma quebra de 20% na produção na safra de 2008/09, ocupando uma área cultivada de 4,1 milhões de hectares (18,89% da área ocupada) (EMBRAPA, 2010, CONAB, 2011).

Comércio da Soja

A cadeia produtiva da soja no Brasil pode ser exemplificada como se apresenta na Figura 4. Esta encontra suas bases nas seguintes variáveis: i) indústrias de insumos; ii) produção agrícola; iii) armazenamento, iii) esmagadores e refinadores; iv) indústria de transformação; e v) distribuição. No Brasil, a soja é quase exclusivamente consumida na forma de óleo e de farelo. Indiretamente, a soja é consumida por meio de vários produtos da indústria alimentícia que a utilizam como insumo no processo de produção (LAZZARINI & NUNES, 2000).

Dentro da indústria de insumos encontramos a indústria de fertilizantes, defensivos agrícolas e máquinas, insumos utilizados pelo produtor em sua produção. No processo de armazenamento estão relacionados corretores, cooperativas, *tradings* e produtores em que é feita a transação com a agroindústria de esmagamento de soja.

Dentro deste segmento ocorre a compra, o armazenamento e a comercialização da produção, com a indústria de esmagamento ou com o mercado internacional. Segundo Lazzarini e Nunes (2000), as *tradings* assumem função peculiar neste grupo, pois atuam coordenando a venda e a transferência física de produtos do mercado interno para o externo.

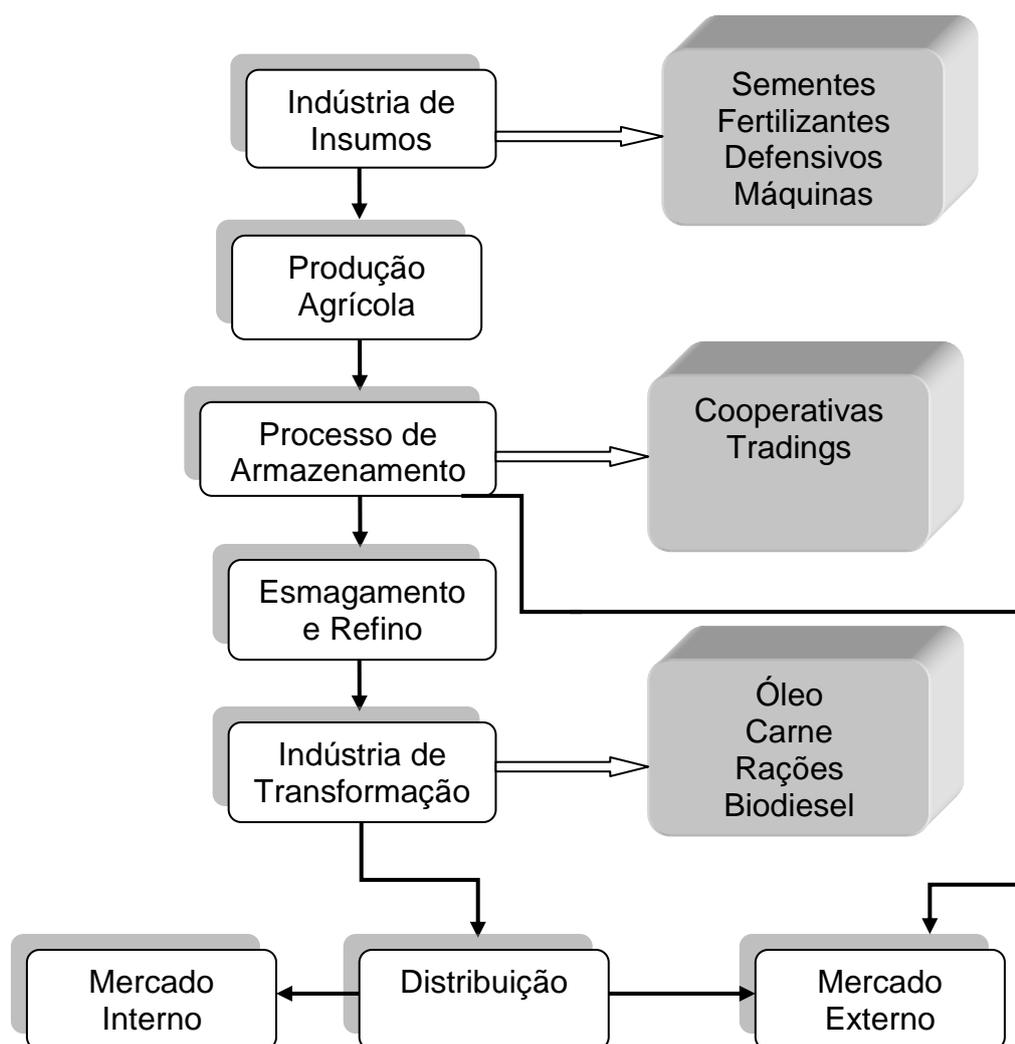


Figura 4: Cadeia Produtiva da Soja no Brasil

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Lazzarine e Nunes (2000).

Exportação

Dentre as *commodities* produzidas e exportadas pelo Brasil, a soja é a que apresenta maior destaque, sendo que no ano de 2010 os três principais produtos do complexo da soja (grão, farelo e óleo), responderam por aproximadamente US\$ 17,11 bilhões ou 22,40% das exportações do agronegócio brasileiro, que somou um total de US\$ 76,4 bilhões em 2010, fazendo com que o país ocupe a posição de maior exportador do complexo da soja (MAPA, 2011).

Na Tabela 2 é possível verificar a evolução das exportações brasileiras de soja em grãos além das variações em termos percentuais do setor.

Tabela 2 – Exportação brasileira de soja em grãos - 1997 - 2010.

Ano	Soja em Grãos		Δ %		Preço Médio	
	Bilhões US\$	Milhões t.	Valor	Quant.	US\$/t	Δ %
1997	2,29	7,79	-	-	0,29	-
1998	2,15	9,19	-0,06	0,18	0,23	-0,20
1999	1,57	8,79	-0,27	-0,04	0,18	-0,24
2000	2,18	11,51	0,39	0,31	0,19	0,06
2001	2,72	15,66	0,25	0,36	0,17	-0,08
2002	3,03	15,96	0,11	0,02	0,19	0,09
2003	4,29	19,88	0,42	0,25	0,22	0,14
2004	5,39	19,24	0,26	-0,03	0,28	0,30
2005	5,34	22,43	-0,01	0,17	0,24	-0,15
2006	5,66	24,95	0,06	0,11	0,23	-0,05
2007	6,70	23,72	0,18	-0,05	0,28	0,25
2008	10,94	24,49	0,63	0,03	0,45	0,58
2009	11,41	28,55	0,04	0,17	0,40	-0,11
2010	11,04	29,06	-0,03	0,02	0,38	-0,05

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MAPA (2011).

No ano de 2010 a exportação do grão de soja teve uma participação de 14,45% do rendimento do agronegócio, com um total de US\$ 11,04 bilhões comercializados e uma quantidade de 29,06 milhões de toneladas vendidas, embora em termos percentuais tenha tido um decréscimo em relação ao ano anterior 0,03% em seu valor. Assim, é indiscutível que a soja tem apresentado uma evolução positiva e constante nos últimos 13 anos. Outro fato que se observa é que apesar de em alguns momentos ocorrer uma queda no preço médio da tonelada de soja comercializada, o aumento em volume tem compensado tal redução.

O farelo de soja é outro produto do complexo soja que tem apresentado um progresso positivo em seu desempenho. Verifica-se que de 1997 ao ano de 2010 houve um aumento de 76,11%, aproximadamente, no valor comercializado do produto, saindo de US\$ 2,68 bilhões em 1997 para US\$ 4,72 em 2010.

Em termos de volume, os anos de 2004/05 apresentaram o melhor desempenho, respectivamente 14,48 e 14,42 milhões de toneladas, conforme pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 – Exportação brasileira de farelo de soja - 1997 - 2010.

Ano	Farelo de Soja		Δ %		Preço Médio	
	Bilhões US\$	Milhões t.	Valor	Quant.	US\$/t	Δ %
1997	2,68	10,01	-	-	0,27	-
1998	1,75	10,45	-0,35	0,04	0,17	-0,37
1999	1,50	10,43	-0,14	0,00	0,14	-0,14
2000	1,65	9,36	0,10	-0,10	0,18	0,23
2001	2,06	11,27	0,25	0,20	0,18	0,04
2002	2,19	12,52	0,06	0,11	0,17	-0,04
2003	2,60	13,60	0,19	0,09	0,19	0,09
2004	3,27	14,48	0,26	0,06	0,23	0,18
2005	2,86	14,42	-0,13	0,00	0,20	-0,12
2006	2,42	12,33	-0,15	-0,14	0,20	-0,01
2007	2,96	12,47	0,22	0,01	0,24	0,21
2008	4,36	12,28	0,47	-0,02	0,36	0,50
2009	4,59	12,25	0,05	0,00	0,37	0,06
2010	4,72	13,66	0,03	0,12	0,35	-0,08

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MAPA (2011).

Um fato de destaque é que o comportamento do mercado internacional de farelo segue o ritmo do mercado da soja. Os dados apresentados apontam que o Brasil ocupa uma posição de destaque no mercado mundial como um grande exportador de soja em grão e farelo de soja.

Na Tabela 4 é possível verificar a evolução das exportações brasileiras de óleo de soja além das variações em termos percentuais ocorridas no segmento.

Dentro do complexo, o óleo de soja é o produto com menor participação nas receitas de exportação do setor e apresentou uma variação significativa nesta participação ao longo do período analisado. No entanto, este produto não deixa de ser importante para a balança comercial brasileira. No ano de 2008 as exportações brasileiras do óleo de soja atingiram US\$ 2,67 bilhões, sendo este o ano de maior rendimento.

Tabela 4 – Exportação brasileira de óleo de soja¹ - 1997 – 2010.

Ano	Óleo de Soja		Δ %		Preço Médio	
	Bilhões US\$	Milhões t.	Valor	Quant.	US\$/t	Δ %
1997	0,59	1,13	-	-	0,52	-
1998	0,83	1,36	0,41	0,20	0,61	0,17
1999	0,68	1,55	-0,18	0,14	0,44	-0,28
2000	0,36	1,07	-0,47	-0,31	0,34	-0,23
2001	0,51	1,65	0,42	0,54	0,31	-0,08
2002	0,79	1,93	0,55	0,17	0,41	0,32
2003	1,23	2,48	0,56	0,28	0,50	0,21
2004	1,38	2,51	0,12	0,01	0,55	0,11
2005	1,26	2,69	-0,09	0,07	0,47	-0,15
2006	1,22	2,41	-0,03	-0,10	0,51	0,08
2007	1,72	2,34	0,41	-0,03	0,74	0,45
2008	2,67	2,31	0,55	-0,01	1,16	0,57
2009	1,23	1,59	-0,54	-0,31	0,77	-0,33
2010	1,35	1,56	0,10	-0,02	0,87	0,12

¹ Inclui óleos de soja em bruto, refinado e demais óleos.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MAPA (2011).

Em 2010, a exportação de óleo de soja apresenta um total de US\$ 1,35 bilhões, uma participação de 7,90% no valor total recebido pelo complexo da soja. A redução no volume comercializado do produto deve-se, em parte, ao fato da política interna de aumento da mistura de biodiesel ao diesel, fazendo com que o mercado interno retenha o produto. A queda no volume comercializado em 2010, comparado ao ano de 2007, foi em torno de 33,33%.

Principais Destinos do Complexo da Soja

Nos últimos anos a China despontou como principal mercado do agronegócio brasileiro, representando, em 2010, 14,40% das exportações totais do setor. Nas exportações da soja as mudanças ao longo dos últimos anos foram bem significativas e diversificadas. No ano de 2010, conforme mostra a Figura 5 de um total de US\$ 11,03 bilhões negociados de grão de soja, a China respondeu por 64,6% do total, ou seja, o país sozinho importou cerca de US\$ 7,12 bilhões. O segundo maior mercado para a soja brasileira foi a Espanha com 6,7% negociados, que corresponde a US\$ 739 milhões.

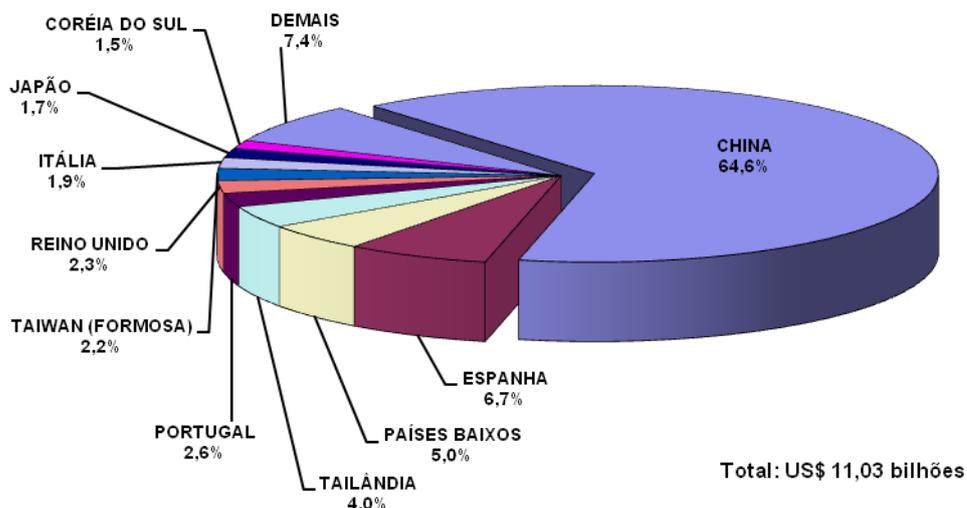


Figura 5: Destino da Soja em Grãos do Brasil - 2010

Fonte: MAPA (2011).

A Figura 6 mostra o destino do farelo de soja brasileiro no mercado externo. Em relação ao farelo, os Países Baixos são os maiores parceiros comerciais do Brasil. Em 2010 estes países foram responsáveis por 25,7% do total negociado no segmento, seguido pela França, Tailândia e Alemanha, com participações de 16,7%, 9,9% e 9,4%, respectivamente.

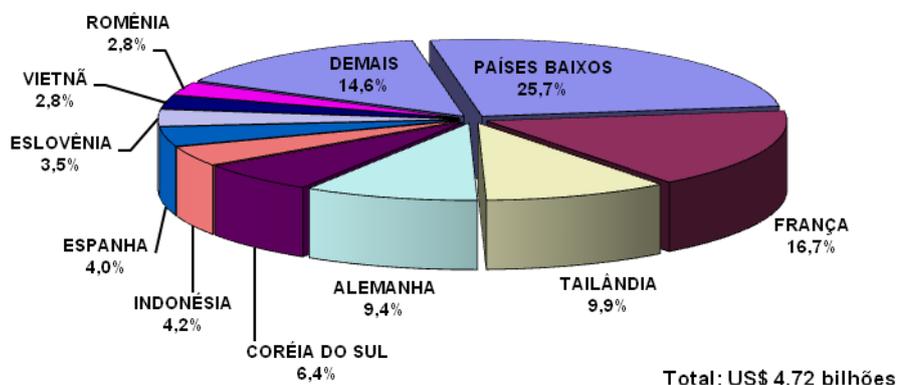


Figura 6: Destino do Farelo de Soja do Brasil - 2010

Fonte: MAPA (2011).

Da mesma forma que a China domina o consumo de soja em grãos, ela também detém o maior mercado consumidor do óleo de soja proveniente do Brasil, de acordo com Figura 7.

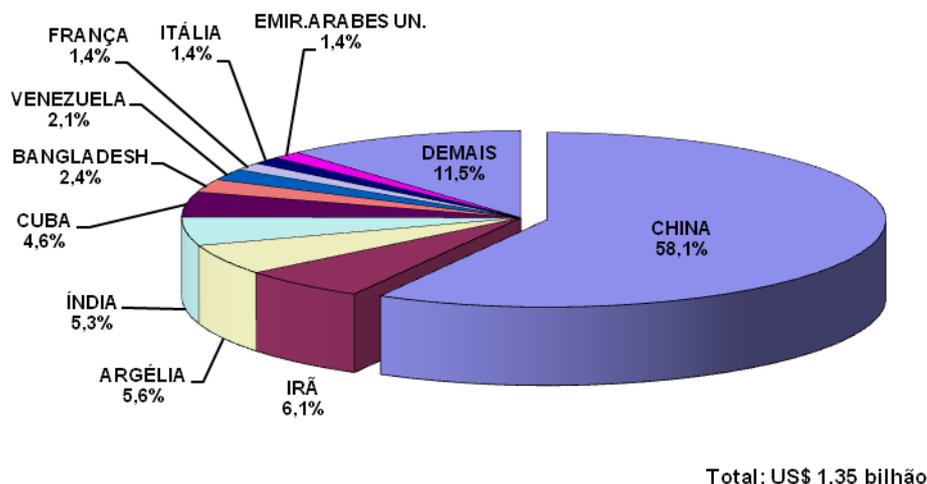


Figura 7: Destino do Óleo de Soja¹ Brasileiro - 2010

¹ Inclui óleos de soja em bruto, refinado e demais óleos

Fonte: MAPA (2011).

Embora o Brasil tenha sido favorecido com a restrição da China imposta ao óleo de soja argentino em 2010, os outros países importadores de óleo estão muito longe de superar o desempenho do país asiático. Assim a China foi responsável por quase 60% do consumo de todo o óleo de soja exportado pelo Brasil em 2010.

2.1.2 Impactos Socioeconômicos da Soja

A atual cadeia de produção, industrialização e consumo da soja vem gerando impactos ambientais, econômicos e sociais tanto no Brasil como na União Européia. No Brasil, os problemas resultantes da cultura da soja estão se tornando cada vez mais críticos. Entre estes é possível citar, principalmente, a destruição dos ecossistemas, para dar lugar às novas lavouras de soja, ao declínio da fertilidade do solo, à contaminação de pessoas e animais por produtos tóxicos, à expulsão de pequenos agricultores de suas terras, contaminação do solo e da água, erosão com posterior assoreamento dos rios, à diminuição da biodiversidade, além das

mudanças climáticas relacionadas ao desmatamento e às queimadas (CAVALETT, 2008).

O crescimento na produção de soja no Brasil vem sendo estimulado pelo aumento da demanda do grão como uma fonte boa e barata de proteína e calorias, para produção de ração animal na Comunidade Européia, (GELDER E DROS, 2004)

A exportação de soja também gera impacto ambiental negativo na Europa, à medida que algumas regiões do solo estão saturadas com nutrientes provenientes dos dejetos animais produzidos em sistemas intensivos, causando a poluição do solo (acidificação do solo, acúmulo de nutrientes e chuva ácida), da água (eutrofização, contaminação dos rios e do lençol freático) e do ar (aquecimento global e odores indesejáveis) (JONGBLOED *et al.*, 1999).

A intensificação agrícola da produção de soja nos últimos anos, apresentada como a única alternativa produtiva e o marco de um modelo de pensamento único e hegemônico, tem gerado modificações importantes tanto no meio agrícola como fora dele, que trazem consigo vários problemas de ordem ambiental, econômica e social. Dentre estas modificações, pode-se citar o desaparecimento completo de ecossistemas, a perda da biodiversidade produtiva, a inacessibilidade de setores mais vulneráveis aos produtos da cesta básica de alimentos, a dependência externa e perda da capacidade gerencial do produtor rural, o alto grau de endividamento e as perdas de informação e de formação adequada no conhecimento agropecuário e aceleração dos processos de degradação do solo (PENGUE, 2004).

De acordo com Giannetti (2006), a produção é o ponto de partida para a degradação ambiental. Impactos sobre a saúde humana e sobre a natureza são identificados desde a extração da matéria-prima até o descarte do produto.

A agricultura no Brasil tem utilizado cada vez mais agrotóxicos, sendo responsável por inúmeros problemas ecológicos. O crescente uso deste mecanismo é um importante fator de risco para a saúde humana e significativo passivo ambiental nos países com economia baseadas no agronegócio, caso do Brasil (ARAÚJO *et al.*, 2007).

Além de possível contaminação direta, os maiores impactos provocados por resíduos sólidos orgânicos são decorrentes da fermentação do material, quando pode ocorrer a formação de ácidos orgânicos (chorume – líquido de elevada

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), formado com a degradação do material orgânico e a lixiviação de substâncias tóxicas), com geração de maus odores e diminuição do oxigênio dissolvido em águas superficiais.

Resíduos sólidos são resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades, de origem industrial, doméstica hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004, p 1).

A produção de gases fétidos provoca desconforto aos seres humanos e animais, além de poder atrair vetores de doenças. O material orgânico é, também, *habitat* para proliferação de micro (bactérias, fungos, vírus, protozoários etc.) e macrovetores (moscas, mosquitos, baratas e ratos). A produção de resíduos agrícolas é extremamente variável, dependendo da espécie cultivada, do fim a que se destina, das condições de fertilidade do solo, condições climáticas etc (MATOS, 2005).

Outro aspecto a ser analisado é em relação às embalagens dos agrotóxicos, é possível compreender que as embalagens modernas devem ser práticas, econômicas, oferecer segurança, de fácil destinação final e que não afete de maneira negativa a saúde humana e o meio ambiente. Então, se destacam as embalagens hidrossolúveis, que estão perto de satisfazer esse ideal e têm sido bem aceitas. Ao usuário fica a responsabilidade de transportar as embalagens e de manejo. O agricultor deve acumular, dentro do prazo de um ano, o máximo de embalagens que possa justificar o custo do transporte até a central de recebimento. Se, após esse prazo, o produto permanecer na embalagem, é permitida sua devolução em até seis meses, após o término do prazo legal de validade (ANDEF, 2010).

O usuário poderá optar por guardar as embalagens com ou sem suas respectivas tampas. Caso opte por guardar em separado, as tampas deverão ser armazenadas em sacos plásticos novos e resistentes. As embalagens não laváveis deverão ser armazenadas em local isolado, identificado com placas de advertência, ao abrigo das intempéries, com piso pavimentado, ventilado, fechado e de acesso

restrito. Poderão, também, serem armazenadas no próprio depósito das embalagens cheias, desde que devidamente identificadas e separadas das embalagens lavadas (ANDEF, 2010).

Como o plástico é um produto que apresenta maiores limitações para sua fusão, isto é, por precisar de temperatura baixa para desativar as moléculas dos princípios ativos e dos solventes que são absorvidos, só poderá ser reutilizado em produtos que não exponham a saúde de pessoas e animais. Neste caso, não poderão ser utilizados em brinquedos, seringas, utensílios domésticos etc (ARAÚJO *et al.*, 2007).

Destacando, ainda, as embalagens plásticas vazias, Miranda (1998) ressalta que, por apresentarem um alto poder calorífico, elas constituem-se em um excelente combustível alternativo e altamente desejável pela indústria de cimento para o co-processamento em fornos de *clínquer*. Em outras palavras, esta alternativa, além de dar destinação às embalagens plásticas tóxicas, é plenamente compatível com a política mundial de conservação ambiental.

2.2 Características do Biodiesel

Na verdade os óleos vegetais e gorduras animais, antes da primeira crise do petróleo, já haviam sido investigados como combustíveis para motores do ciclo diesel. Durante a exposição de Paris de 1900, foi apresentado pela companhia francesa Otto uma experiência bem sucedida do uso de óleos vegetais em um pequeno motor diesel, á qual foi utilizado o óleo de amendoim. Durante a Segunda Guerra Mundial, também são encontradas experiências de uso de óleos vegetais como combustível. Nesta época, por exemplo, no Brasil houve a proibição da exportação do óleo de algodão, pois este produto era visto como um potencial substituto do óleo diesel. Na China produziu-se gasolina e querosene a partir do processo de craqueamento, utilizando o óleo de tungue e de outras matérias-primas oleaginosas (KNOTHE *et al.*, 2006).

O biodiesel pode ser definido como um combustível derivado de fontes naturais e renováveis, podendo ser proveniente de gordura animal ou de óleo vegetal *in natura* ou residual, também, podendo ser utilizado puro ou em mistura com óleo diesel em diversas proporções, para uso em motores do ciclo diesel, sem

que haja a necessidade de grandes modificações, além de contribuir para o aumento da vida útil dos motores (BIODIESELBR, 2010).

Holanda (2004) apresenta algumas das matérias-primas de origem vegetal e animal que podem ser utilizadas na produção do biodiesel, tais como óleos de origem vegetal (a soja, a mamona, o dendê, o babaçu, o girassol, o algodão, o amendoim etc.) e as de origens animais (o sebo bovino, os óleos de peixes, a gordura de frango).

O biodiesel pode ser obtido por diferentes processos químicos, entre eles o processo de esterificação, no qual um éster é obtido a partir da reação de um ácido com um álcool. Outro processo utilizado é o craqueamento térmico ou pirólise, que provoca a quebra de moléculas por aquecimento a altas temperaturas. O processo se dá pelo aquecimento da substância na ausência de ar ou oxigênio a temperaturas superiores a 450°C, formando uma mistura de compostos químicos com propriedades muito semelhantes às do diesel de petróleo.

A técnica mais utilizada para a obtenção do biodiesel é o processo de transesterificação, em que é misturado o óleo vegetal ou gordura animal com um álcool metílico ou etílico na presença de um catalisador, hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio (NaOH ou KOH), para acelerar a reação.

O processo de transesterificação catalisada por ácidos apresenta um rendimento muito elevado em alquiléster, mas de forma geral as reações tendem a ser lentas, sendo necessário temperaturas acima de 100°C e mais de 3 horas para se obter uma conversão completa. Ainda, a contaminação com ácidos residuais pode gerar corrosão nos motores tornando necessária a completa eliminação destes ácidos residuais, portanto, são necessárias muitas etapas de purificação (CANAKCI; VAN GERPEN, 1999).

A glicerina e o biodiesel são os produtos obtidos após a reação, a Figura 8 mostra esquematicamente a obtenção do biocombustível a partir da utilização da reação de transesterificação (BIODIESEL, 2010; BIODIESELBR, 2010; GERIS *et al.*, 2007; KNOTHE *et al.*, 2006).

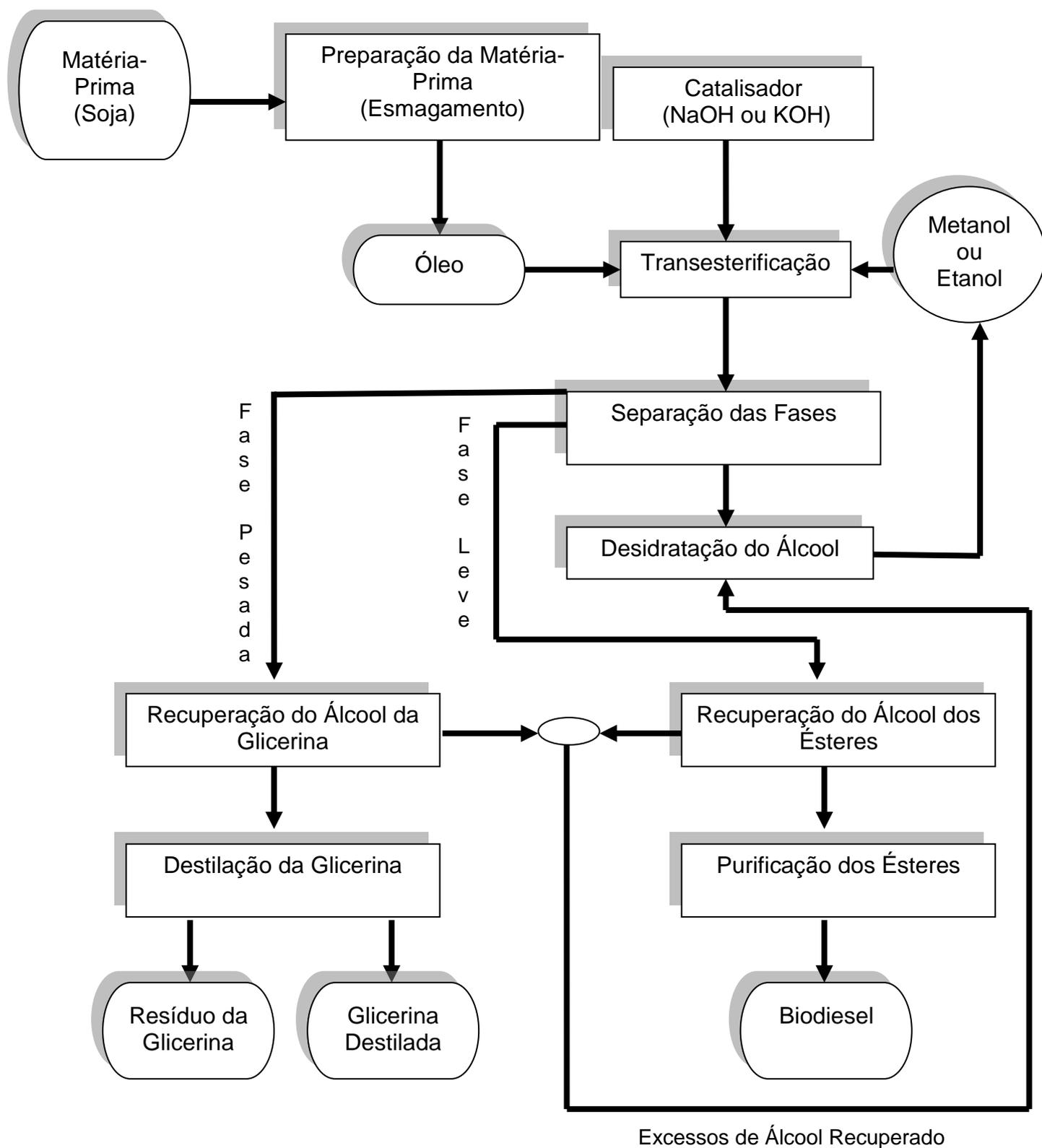


Figura 8: Fluxo de Produção do Biodiesel

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Ribeiro (2004).

Knothe *et al.* (2006) apresentam a definição de todo o processo apresentado na Figura 8.

- Após a definição da matéria-prima a ser utilizada no processo produtivo do biodiesel, vem a fase de esmagamento na qual será realizada a extração do óleo;
- O próximo passo é levar a mistura de álcool e catalisador ao reator, em contato com óleo dará início ao processo de transesterificação¹. Nesse processo a mistura é agitada por aproximadamente uma hora a 60 °C;
- O produto resultante após a reação deve passar pelo processo de separação de fases, a qual é feita por meio de decantação ou centrifugação. Nesta fase, o glicerol é removido dos ésteres do álcool. A separação se dá em duas fases: leve e pesada. A fase pesada é responsável pela produção de glicerina e a fase leve pela produção de biodiesel;
- Ambas as fases precisam recuperar o álcool que se encontra tanto na glicerina quanto nos ésteres, por meio do processo de evaporação que ajuda a que sejam eliminados constituintes voláteis, facilitando a recuperação das partículas de álcool. Este álcool então pode ser reutilizado no processo;
- Os ésteres ainda passam por uma etapa de neutralização, em que se adiciona um ácido ao produto para neutralizar possíveis resíduos de catalisador e quebrar o sabão que tenha sido formado durante o processo;
- Tem-se, ainda, a fase de lavagem aquosa, com o objetivo de remover restos de catalisador, sabões, sais, álcool ou glicerina do

¹ Geralmente, a transesterificação pode ser realizada por catálise ácida ou básica. No entanto, em catálise homogênea, catalisadores alcalinos (hidróxidos de sódio e de potássio; ou os alcóxidos correspondentes) proporcionam processos muito mais rápidos que catalisadores ácidos (KNOTHE *et al.*, 2006).

produto final, por fim a água residual será removida por evaporação a vácuo;

- A fase glicerínica contém 50% de glicerol, e o restante é referente à presença de álcool, catalisador e sabões. Este processo produtivo corresponde à depuração da glicerina, no qual se submete a glicerina bruta ao processo de destilação a vácuo, para obter a glicerina destilada e o resíduo glicérico. No caso dos ésteres, a purificação é realizada por meio da centrifugação, dando origem posteriormente ao biodiesel puro.

2.2.1 Cadeia Produtiva do Biodiesel

Morvan *apud* Batalha (1997) define uma cadeia de produção como sendo um encadeamento técnico, econômico ou comercial, entre as etapas de produção.

Para Farina e Zylbersztajn (1991), a cadeia produtiva é entendida como um recorte dentro do complexo industrial mais amplo, em que são privilegiadas as relações entre agropecuária, indústria de transformação e distribuição ao redor de um produto principal.

A cadeia produtiva do biodiesel de óleos vegetais tem início com o plantio da lavoura no campo, em seguida ocorre o processamento da matéria-prima dentro da indústria de óleos vegetais e cujo produto final é processado pelos produtores de biodiesel (VECCHIO, 2006).

Após sua produção, o biodiesel puro é transportado para as refinarias onde é realizada a mistura correspondente com o diesel de petróleo podendo ser adicionado, por exemplo, 2%, 3% e 5% de biodiesel ao diesel (B2, B3, B5 etc.), ou aos centros de distribuição autorizados. Então, é novamente transportado até os centros revendedores, etapa em que finalmente o produto é oferecido ao consumidor final, tal como se apresenta na Figura 9.

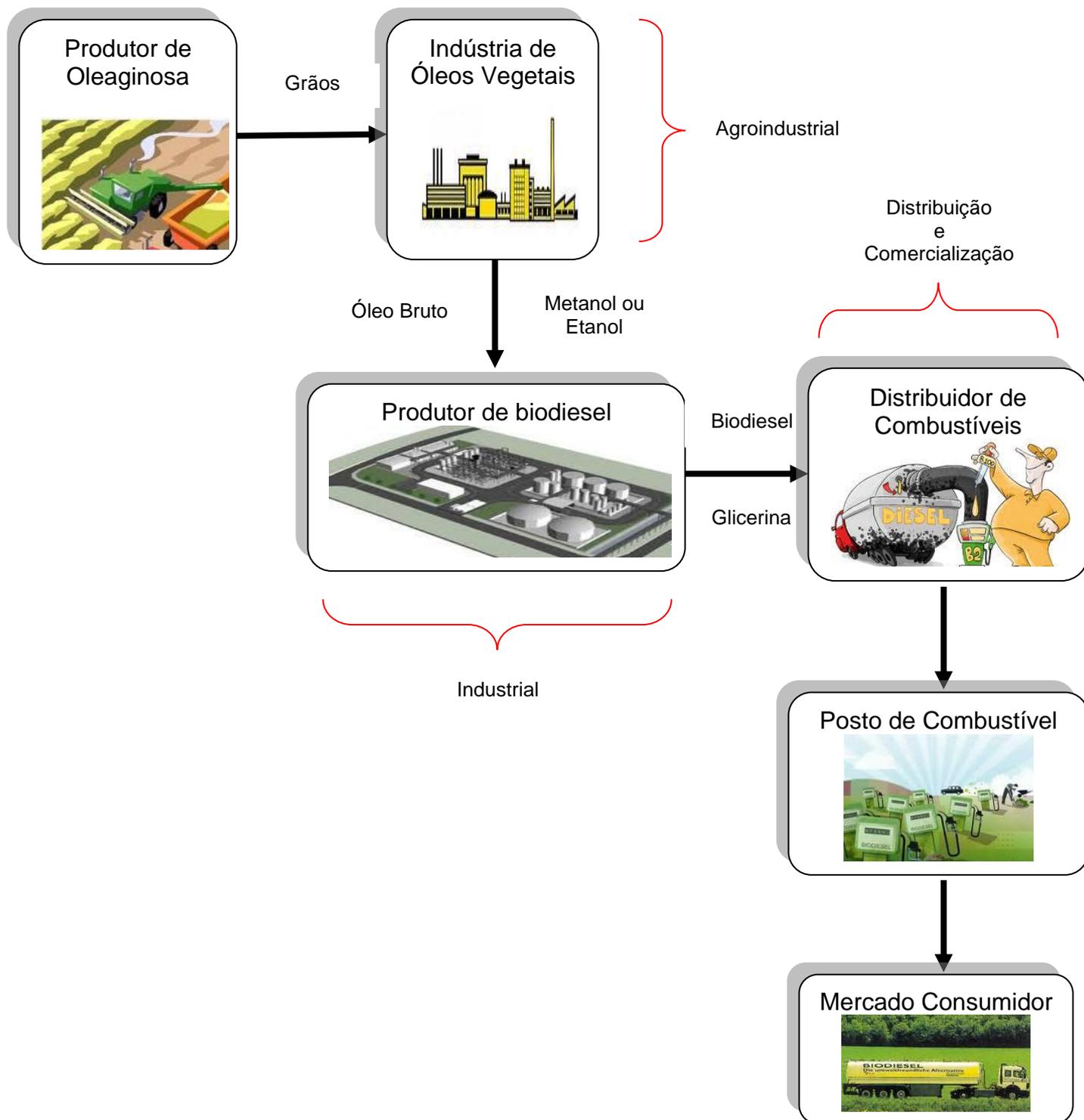


Figura 9: Cadeia Produtiva do Biodiesel de Óleo Vegetal

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Vecchio (2006).

Marzullo (2007) apresenta as fases necessárias para a extração do óleo de soja com destinação à produção de biodiesel, classificando-as conforme a Figura 10.

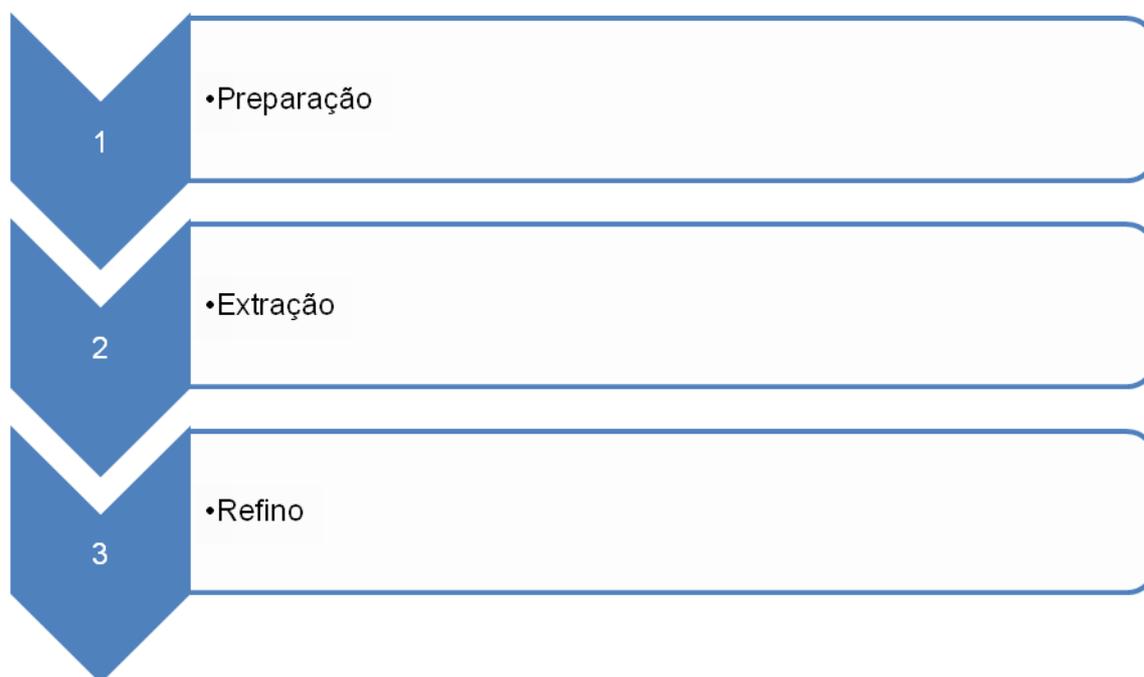


Figura 10: Etapas Produtivas do Óleo de Soja para Obtenção do Biodiesel

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Marzullo (2007).

Na fase de preparação, a soja, recebida em grãos, é classificada de acordo com seu tamanho, umidade e estado. Em seguida, começam as etapas de pré-limpeza, secagem e armazenamento, a seguir, para se ter o controle de entrada da matéria-prima e da eficiência da produção, é feita uma re-pesagem. O grão de soja é então quebrado para que possa ser laminado. Durante o processo de quebra, os grãos têm a polpa desprendida das cascas que são separadas em separadores de cascas. A casca então é utilizada como complemento na produção do farelo da soja, enquanto a polpa segue para o processo de cozimento.

A etapa de obtenção do óleo se inicia logo após o cozimento quando a soja é laminada para obter o formato ideal, e compreende em extração por solvente. Ao passar pelo extrator por solvente, a micela (solvente + óleo) é direcionada ao evaporador para a separação do óleo extraído e do vapor do solvente, enquanto que os sólidos que saem do extrator vão para um dessolventizador para separar o vapor

do solvente da torta de soja. As correntes, vapor de solvente proveniente do evaporador e vapor de solvente oriundo do dessolventizador, são condensadas e posteriormente separadas em duas correntes: água (efluente) e solvente (reciclo).

A torta restante é aproveitada em indústrias de ração animal. O óleo extraído da micela, denominado óleo bruto, é filtrado e centrifugado, gerando uma borra que poderá ser adicionada à borra proveniente do refino (degomagem, neutralização e secagem).

Glicerina

Outro co-produto no processamento da soja é a glicerina, quando seu uso se destina à produção de biodiesel. No mercado nacional e internacional são muitas as empresas pertencentes à indústria química e farmacêutica que utilizam esta substância como matéria-prima para a fabricação e comercialização de diversos tipos de produtos. Desta maneira, a glicerina é insumo de vários produtos alimentares, explosivos, plásticos, sintéticos, lubrificantes e produtos de cuidado pessoal e de beleza, entre outros tantos.

O glicerol é destinado ao mercado farmacêutico, de cosméticos, bebidas e também ao mercado alimentício. Ele pode ser usado como umectante e no processo de conservação de bebidas e alimentos tais como refrigerantes, balas, bolos, pastas de queijo e carne, ração animal seca. Todas estas aplicações utilizam hoje principalmente sorbitol. É possível que o glicerol venha a tomar parte dos mercados de sorbitol, se os preços caírem nos próximos anos em função de superprodução, com o biodiesel. Aplicação exclusiva do glicerol: por ser um componente estrutural de lipídeos tem sido utilizado em preparações de molho para salada, coberturas de doces e sobremesas geladas (BIODIESELBR, 2010).

Além de ser utilizado como insumo nos setores de cosméticos, farmacêutico e alimentício, a partir da glicerina proveniente da produção de biodiesel, também é possível obter etanol. Para a produção de biodiesel é necessário a adição de um álcool (etanol ou metanol) para dissolver o catalisador (KOH ou NaOH). Se a rota utilizada for a etílica, pode-se obter um ciclo relacionando o biodiesel e a glicerina (KNOTHE *et al.*, 2006).

No processo de produção de etanol a base de glicerina, ocorre a fermentação desta glicerina e a adição de bactérias, sendo que a principal, é a bactéria *Escherichia Coli* não patogênica. Esta bactéria é capaz de fermentar o glicerol quando mantida em condições adequadas. Tais condições constituem na determinação de uma temperatura, pressão, pH ideal, e ausência ou não de oxigênio para a fermentação (LIMA, *et al.*, 2001).

Além dos recentes estudos acerca da obtenção de etanol partir da glicerina, diversos outros produtos podem ser obtidos da mesma, como o gás de síntese, materiais de embalagem e empacotamento, pode ser empregado na fabricação de tabaco, na produção de polímeros uretânicos. Pode ser usado também, como lubrificante em lugares onde um óleo não funcionaria, devido à sua alta viscosidade e habilidade em permanecer fluido a baixas temperaturas. Outros usos para o glicerol é na indústria de cimentos, componentes de solda, asfaltos, cerâmicas, etc (KNOTHE *et al.*, 2006).

Entre os derivados do glicerol, que incluem acetais, amins, ésteres e éteres, os ésteres são os mais amplamente empregados. O processo de esterificação da glicerina produz compostos com menor viscosidade e polaridade, e conseqüentemente com maior volatilidade em comparação com a mesma pura. Isto faz com que os éteres formados tenham inúmeras aplicações, principalmente como aditivos para gasolina e diesel misturado ao biodiesel. A obtenção dos éteres pode ser feita por meio da síntese de Williamson (que envolve o uso de alcóxidos e agentes alquilantes, como halogenetos de alquila), da esterificação com alcoóis (primários ou secundários) ou da esterificação com alcenos (com catalisadores ácidos) (MENDONÇA, 2010).

2.2.1.1 Biodiesel na Matriz Energética Brasileira

Como política e estratégia energética, o Brasil tem procurado cada vez mais diversificar suas fontes de energia, com o objetivo de fortalecer a participação de fontes renováveis no abastecimento do mercado interno, como forma de prover segurança energética de forma sustentável.

A Figura11 mostra a oferta interna de energia primária no Brasil para o ano de 2009. Os combustíveis fósseis não renováveis representados pelo petróleo,

carvão e gás natural, responderam por aproximadamente 51% do total de energia primária ofertada durante o período. A energia proveniente da biomassa é responsável pela segunda maior parcela, 32% da matriz energética do país, e a energia hidrelétrica juntamente com a energia nuclear correspondeu a 16,6%.

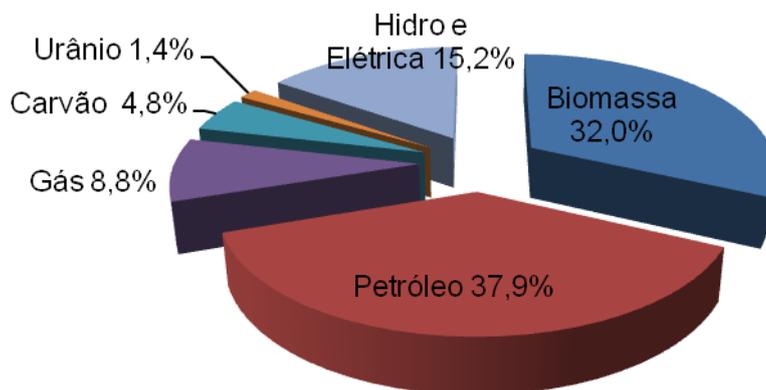


Figura 11: Oferta Interna de energia primária por combustível - 2009

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados preliminares do MME (2010).

Obs: A Oferta Interna de Energia (OIE), em 2009, atingiu o montante de 243,7 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep).

Se for levada em consideração a contribuição conjunta de biomassa e energia hidrelétrica (47,2%), em uma visão superficial, é possível obter o resultado preliminar de que o país possui uma matriz energética limpa, uma vez que não se leva em conta todo o ciclo de vida de tais energias. Na maioria dos casos a relação observada é a substituição do uso de fontes de energia fóssil, com base na emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE)², como por exemplo, o CO₂.

A Tabela 5 nos fornece a participação em termos percentuais por combustível na oferta interna de energia nos anos de 2008/09 e a variação percentual que ocorreu na oferta de energia.

² Além do CO₂, os principais gases do efeito estufa são: Vapor d'água (H₂O), Ozônio (O₃), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Clorofluorcarbonos (CFCs), Hidrofluorcarbonos (HFCs) e Perfluorcarbonos (PFCs) (MAY *et al.*, 2003).

Tabela 5 - Oferta Brasileira de Energia – 2008 - 2009 (em %).

	2008	2009	Δ %
Energia não Renovável	54,1	52,7	-2,6
Petróleo e Derivados	36,6	37,8	3,3
Gás Natural	10,3	8,7	-15,5
Carvão Mineral e Derivados	5,8	4,8	-17,2
Urânio e Derivados	1,5	1,4	-6,7
Energia Renovável	45,9	47,3	3,1
Produtos da Cana-de-açúcar	17,0	18,1	6,5
Energia hidráulica e Eletricidade	14,0	15,3	9,3
Lenha e Carvão Vegetal	11,6	10,1	-12,9
Outras Renováveis	3,4	3,8	11,8

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2010).

Observa-se que a participação das energias não renováveis teve uma queda de 2,6%, impulsionada principalmente pela redução na oferta de gás natural (15,5%), carvão mineral e seus derivados (17,2%) e urânio e seus derivados (6,7%). Já as energias renováveis tiveram uma variação positiva na ordem de 3,1% na participação da oferta interna de energia primária, tendo destaque os derivados da cana-de-açúcar, com aumento de 6,5%, comparado ao ano anterior, e a energia hidráulica e eletricidade com variação positiva de 9,3%, esta última beneficiada pelo aumento da utilização de usinas hidrelétricas em detrimento das termelétricas.

No Brasil, o rápido aumento nos preços do barril de petróleo juntamente com as crescentes preocupações ambientais, no que se refere às emissões de gases de efeito estufa, abrem espaço para o surgimento do biodiesel como uma alternativa ao óleo diesel (SHARMA e SINGH, 2008).

A decisão sobre a adoção desses biocombustíveis como componentes significativos na matriz energética de diversos países baseia-se em motivações de caráter ambiental e também de ordem econômica e estratégica. Estas estão centradas basicamente em dois aspectos: a busca de combustíveis alternativos em função da tendência estrutural de aumento nos preços do petróleo e os efeitos positivos sobre o emprego e a renda, principalmente no campo, que a adoção de biocombustíveis pode proporcionar (LOVATELLI, 2005, p. 15).

Desta forma, o Brasil desenvolveu pesquisas sobre biodiesel, promoveu iniciativas para usos em testes e foi um dos pioneiros ao registrar a primeira patente

sobre o processo de produção de combustível a partir de 1980 (CAMARGOS, 2005; PARENTE, 2004).

Por meio do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) o Governo Federal definiu em 2004 os parâmetros necessários à produção e utilização do biodiesel em todo território nacional, estabelecendo aspectos desde a cadeia produtiva até as bases tecnológicas. A produção a partir de diferentes oleaginosas e rotas tecnológicas são permitidas, o que possibilita a participação do agronegócio e da agricultura familiar.

Devido ao biodiesel ser relativamente mais caro que o diesel de petróleo, o PNPB foi dotado de um modelo de mercado no qual seu funcionamento não fosse regido, estritamente, pelas regras da oferta e da demanda, onde os preços do diesel e do biodiesel seriam determinantes na análise de viabilidade do produto. De acordo com Campos e Carmélio (2009), se o biodiesel fosse inserido em um mercado de concorrência direta com o diesel, sem intervenções governamentais (subsídios, leilões), não existiria espaço para o novo combustível no Brasil, tendo em vista que a maioria das oleaginosas disponíveis para a produção do biodiesel, que representam mais de 70% dos custos de produção, ainda é relativamente mais cara que o diesel. Portanto, certamente não existiria mercado, uma vez que não haveria estímulo à ampliação e à melhoria do desempenho agrícola das oleaginosas.

A Figura 12 apresenta a evolução dos biocombustíveis no Brasil, tendo como principais motivadores de novas políticas e do desenvolvimento de novas tecnologias no campo das energias renováveis, as crises do mercado mundial do petróleo.

Em 1973 há o primeiro choque do petróleo, criando assim a necessidade de outras fontes de energia. No ano seguinte o Brasil cria o Proálcool com o objetivo de estimular a produção do álcool, visando o atendimento das necessidades do mercado interno e externo e da política de combustíveis automotivos. Em 1980 o cenário mundial enfrenta a segunda crise do setor petrolífero, nesta fase o mercado automotivo vê uma elevação nas vendas de carros movidos a etanol. O ano de 2003 é outro período importante, quando há o lançamento de carros biocombustíveis, já em 2005 há o lançamento do Programa Nacional de Biodiesel (ANP, 2011).

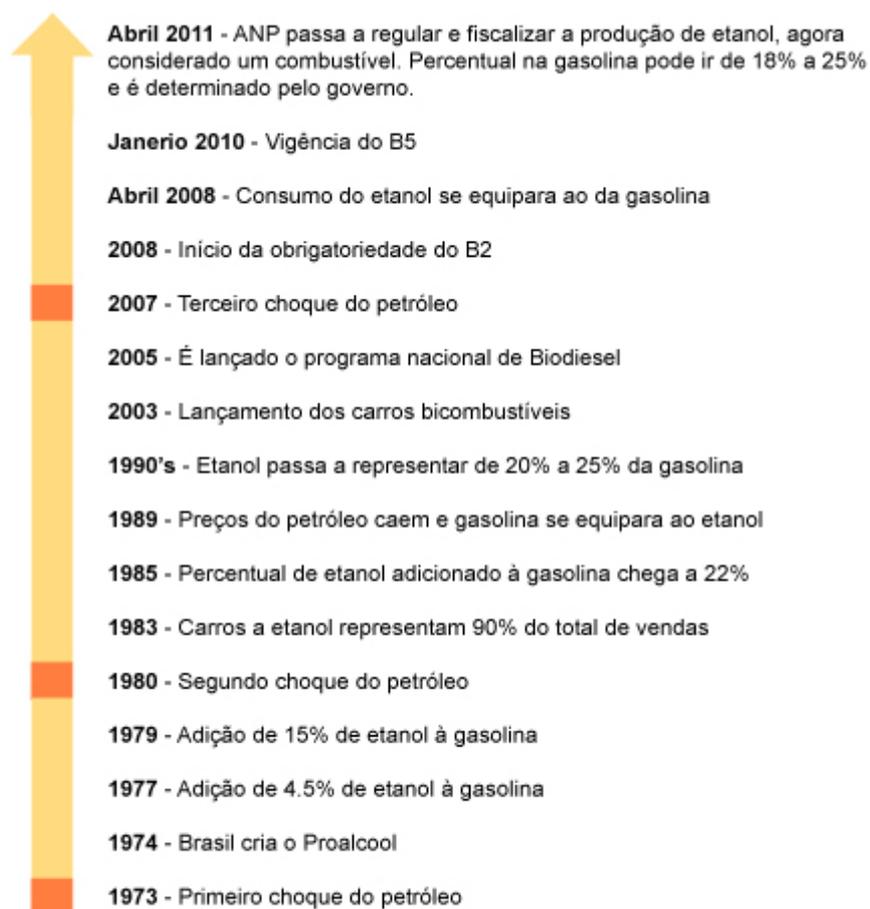


Figura 12: A Evolução dos Biocombustíveis no Brasil.

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2011).

O Brasil é um país que devido à sua localização geográfica, à suas terras agricultáveis, apresenta uma ampla variedade de oleaginosas que podem ser destinadas à produção de biocombustível, com destaque para a soja, a mamona, o dendê, o algodão, o girassol, o amendoim e o pinhão-manso. A soja é a leguminosa que domina o setor de matéria-prima para a produção de biodiesel no país (BNDES, 2008).

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2010) apresenta dados relativos à utilização de insumos na produção de biodiesel, com base no mês de novembro de 2010. A soja aparece como sendo a mais utilizada na produção do biodiesel com uma participação relativa de 81%. A segunda oleaginosa mais utilizada é a semente de algodão, correspondendo a uma

participação de 3,0%. A gordura animal representada pelo sebo bovino é responsável por 14,0% da produção de biodiesel no período referido.

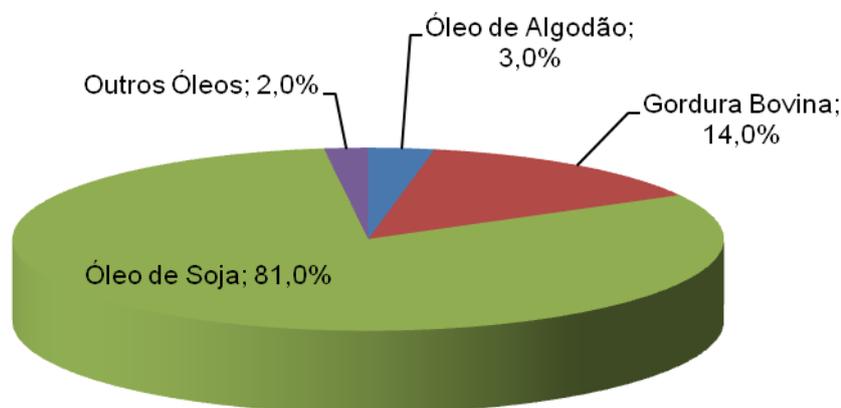


Figura 13: Matérias-primas na produção de biodiesel - Brasil (Novembro de 2010)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de ANP (2011).

A Lei nº 11.097/2005 estabeleceu a porcentagem de 5% de biodiesel na mistura do diesel fóssil para o ano de 2013. Em 2009, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) começou a fazer antecipações de misturas praticando o B4 (4% de adição de biodiesel) naquele ano frente ao B3 vigente. Da mesma maneira houve uma antecipação em relação ao que era estabelecido pela Lei nº 11.097/2005. Já em 1º de janeiro de 2010 começou a vigorar a adição de 5% de biodiesel ao diesel convencional.

Devido às políticas de antecipação por parte do governo, foi gerada uma maior demanda de biodiesel no Brasil, conforme pode ser verificado na Figura 14.

Além do biodiesel efetivamente consumido no mercado brasileiro, a Figura 14 ainda fornece o consumo de biodiesel, caso fosse seguido o planejamento do PNPB, e uma projeção de consumo para os próximos anos.

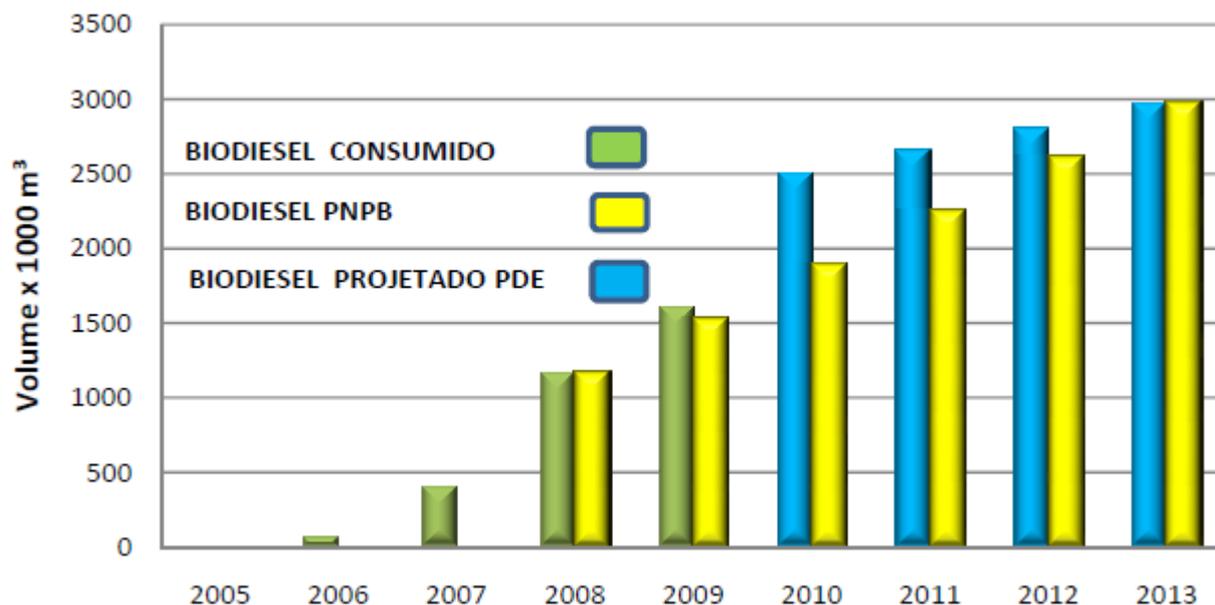


Figura 14: Consumo de biodiesel no Brasil - 2006 - 2013.

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2010).

O aumento da demanda, por sua vez, levou a um acréscimo de produção em âmbito nacional, conforme é possível verificar na Figura 15. A produção de biodiesel no Brasil saiu em 2005 de um total de 4.670 bep, para em 2010 atingir a marca de 13.776,716 bep, um incremento de mais de 294% na oferta de biodiesel no país.

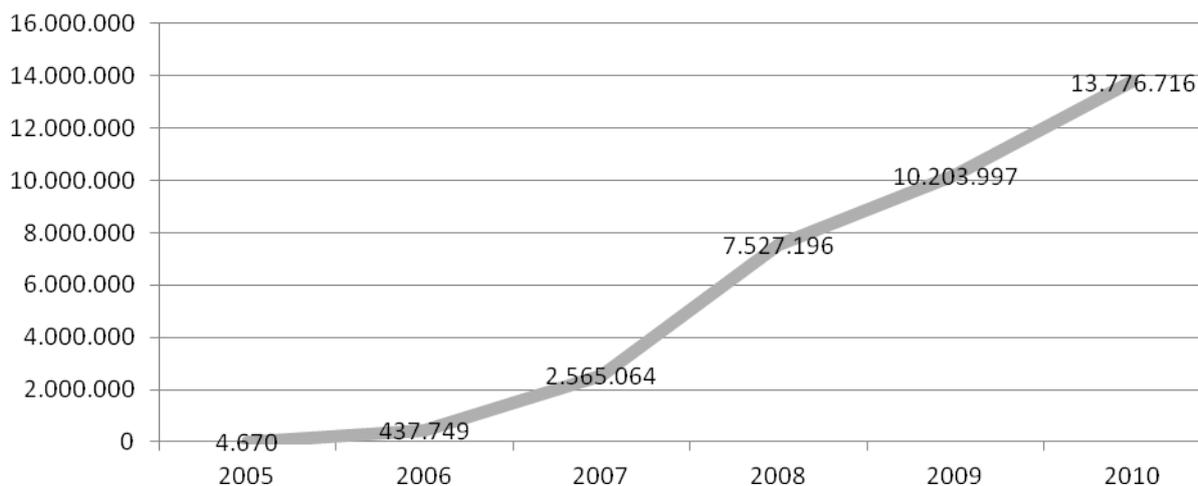


Figura 15: Produção de biodiesel no Brasil – 2005 – 2010 (Barris equivalentes de petróleo – bep).

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de ANP (2011).

2.2.1.2 Biodiesel no Paraná

O Estado do Paraná começa a desenvolver mais fortemente sua produção de biodiesel a partir das décadas de 1980 e 1990. Destaca-se como pioneiro em âmbito nacional no que diz respeito ao processo de desenvolvimento de novas tecnologias voltadas à produção do biocombustível. O Estado, dentro do campo da pesquisa e desenvolvimento, possui instituições de pesquisas e Universidades Estaduais, entre estas a Universidade Federal do Paraná (UFPR).

A partir dessas relações foi possível a realização de vários testes a cerca do uso do biodiesel no Estado. Tendo em vista este pressuposto, foi possível ao Estado do Paraná firmar uma rede de pesquisa voltada especificamente para a produção e o uso do biodiesel, cujo objetivo principal foi a substituição, dentro da matriz energética nacional, parcial ou total do óleo diesel derivado do petróleo, bem como reduzir de forma crescente os efeitos do homem na atmosfera, principalmente, pela diminuição dos gases de efeito estufa.

De acordo com o Laurindo (2003), o processo de desenvolvimento de tecnologias voltadas à produção de biodiesel tem seu início datado do final da segunda metade da década de 1970, beneficiado principalmente por uma parceria firmada entre Secretaria de Tecnologia Industrial (STI), o Governo do Estado do Paraná, Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e o Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR). Como fruto de tal parceria obteve-se o desenvolvimento do Centro de Apoio Tecnológico (CAT) – Tecpar, além da criação e de desenvolvimento de diversos ensaios de homologação de motores (300) e retíficas (70) para todo o Estado.

Durante a década seguinte (1980)³, dentro do âmbito do Centro de Apoio Tecnológico, foram desenvolvidas distintas investigações direcionadas, sobretudo, ao uso de biocombustíveis como substitutos parciais ou totais do óleo combustível derivado do petróleo. Merece destaque, primeiramente, a conversão de 40 motores movidos à gasolina e a álcool para o uso do biogás, que agiram durante a primeira metade da década de 1980 na cidade de Londrina, projeto desenvolvido com base na parceria entre o TECPAR - CAT e a Companhia de Saneamento do Paraná

³ No campo econômico tal período ficou conhecido como a “Década Perdida”, momento de baixo crescimento econômico (GREMAUD *et al.*, 2007).

(SANEPAR). Também, houve estudos voltados ao o desenvolvimento de um álcool aditivado, que poderia ser utilizado em motores de ciclo diesel. Tal projeto foi desenvolvido a partir de esforços do Tecpar e da Companhia Paranaense de Energia (COPEL).

Em 2002 foi desenvolvido no Estado do Paraná, com apoio do Governo Federal, o Centro Brasileiro de Referência em Biocombustíveis (CERBIO). Tal centro tem como finalidade promover a pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico da produção e da utilização de biocombustíveis. Entre outros atributos, é o responsável por avaliar a viabilidade técnica, econômica, social e ambiental desses combustíveis renováveis, incentivar a transferência tecnológica e, ainda, incentivar a capacitação dos recursos humanos (CERBIO, 2007).

Outro fato de destaque no Paraná é a criação do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia em nível de Mestrado Acadêmico, na área de concentração em Biocombustíveis. Em que fazem parte algumas das mais importantes Instituições de Ensino Superior do Paraná, entre elas a UEL, a UEM, a UEPG, a UNICENTRO, a UNIOESTE e a UFPR com a colaboração da UTFPR, além da participação dos Institutos de Pesquisa EMBRAPA, IAPAR e TECPAR e a interveniência da Fundação Parque Tecnológico de Itaipu (PTI) e da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná (SETI) compondo assim uma Associação em Rede, a primeira turma do curso inicia no ano de 2010 com 22 discentes (UEL, 2011).

Ainda de acordo com a UEL (2011), em virtude das potencialidades e da vocação agrícola do território paranaense, a temática da Bioenergia, vem sendo estimulada por políticas públicas desde que o Governo do Estado do Paraná, por meio do decreto lei nº 2101, de 10/11/2003, instituiu o Programa Paranaense de Bioenergia. Este Programa tem a intenção de gerir e promover ações de pesquisa, desenvolvimento, aplicações e uso de biomassa no Paraná, com foco na produção e na aplicação do biodiesel como biocombustível, não só adicionando-o à matriz energética como buscando o cuidado com a preservação do ambiente e o estímulo ao desenvolvimento sustentável do Estado e da região.

Além de ser o segundo maior produtor de soja no cenário nacional, em termos de capacidade de refino e de envase de óleo vegetal o Estado do Paraná também é destaque, conforme mostra a Tabela 6.

Tabela 6 – Capacidade de Processamento, Refino e Envase de óleos vegetais (2009)

Estado	Processamento		Refino		Envase	
	t/dia	%	t/dia	%	t/dia	%
Paraná	34.150	21	3.760	16	1.790	11
Mato Grosso	29.300	18	2.600	11	1.721	11
Rio Grande do Sul	28.500	17	2.000	8,7	2.093	13
Goiás	20.050	12	3.560	16	2.392	15
São Paulo	17.780	11	6.200	27	4.420	27
Mato Grosso do Sul	12.725	7,7	1.370	6	1.017	6,3
Minas Gerais	6.800	4,1	1.300	5,7	1.000	6,2
Bahia	5.530	3,3	970	4,2	906	5,6
Santa Catarina	4.034	2,4	450	2	348	2,2
Piauí	2.530	1,5	120	0,5	180	1,1
Amazonas	2.000	1,2	-	-	-	-
Pernambuco	400	0,2	450	2	222	1,4
Ceará	-	-	80	0,3	80	0,5
Maranhão	1.500	0,9	-	-	-	-
TOTAL	165.299	100	22.860	100	16.169	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de ABIOVE (2011).

O Paraná foi responsável por cerca de 21% de toda a capacidade de processamento de óleos vegetais em 2009, atingindo um processamento em torno de 34.150 toneladas por dia, enquanto o Estado de Mato Grosso processou aproximadamente 29.300 toneladas de óleo vegetal no mesmo período, aproximadamente 17,0% a menos que o primeiro colocado.

Quando a análise é feita em relação à capacidade de refino, a Região Paranaense ocupa o segundo lugar, contribuindo com 16% da capacidade de refino de óleo vegetal, no período em questão. No mesmo período o Estado de São Paulo participou com 27% a este aspecto.

2.2.1.3 Críticas ao Biodiesel

Para alguns críticos os biocombustíveis estão deixando de ser uma alternativa de energia ecologicamente correta e transformando-se em potenciais

fontes de distúrbios no sistema agrícola mundial sendo causa de inflação dos preços dos alimentos (SEIBEL, 2007).

Wassell e Dittmer (2007) apontam em seu trabalho para o fato da produção de biodiesel ser geralmente mais cara do que a oriunda do petróleo, criando uma necessidade de ações do governo, principalmente, na forma de subsídios a esse tipo de atividade. O custo da produção do biodiesel na Europa e nos EUA é 50% maior do que o diesel mineral sem impostos, segundo a OCDE (Organização para Cooperação de Desenvolvimento Econômico, 2006, apud PRATES, *et al.*, 2007). Estes mesmos autores apontam para o fato de que foi lançada uma diretiva na União Européia, durante o ano de 2003, na qual é autorizada a desoneração fiscal total ou parcial sobre o bicomcombustível.

Provavelmente a maior crítica à produção de biocombustível reside no fato de sua competição com os alimentos por áreas cultiváveis e sobre a disponibilidade de recursos para produção de alimentos. Vale apontar que a utilização de terras agrícolas para produção de matérias-primas para a conversão em bioenergia é quase insignificante em relação à área total cultivada. Com efeito, atualmente, apenas cerca de 1% das terras aráveis do mundo é utilizada para a produção de biocombustíveis líquidos, com perspectivas de ser incrementada para 3% a 4% em 2030 (BFS/FAO *apud* BNDES, 2008).

Da mesma maneira, é difícil acreditar que existam restrições efetivas de superfície para produzir alimentos e biocombustíveis quando se considera que as áreas atualmente em cultivo, em todo o planeta (cerca de 1,5 bilhão de hectares), representam aproximadamente 12% das terras cultiváveis. Além disso, uma fração importante da produção atual de grãos é destinada à alimentação animal, atendendo de modo bastante assimétrico às necessidades alimentares da população mundial. Essa situação ocorre, por exemplo, com o milho norte-americano e a soja brasileira, produtos largamente utilizados para formulação de rações animais para sistemas produtivos com uma relação produção/consumo calórico da ordem de 15% (BNDES, 2008, p. 253).

A fim de combater as críticas referentes ao conflito entre biodiesel e alimentos, Campos e Carmélio (2009) lembram que as oleaginosas são compostas por uma parte protéica e outra de óleo. E que no processo de produção do biodiesel tem-se a extração do óleo e de seus subprodutos, que são a torta ou farelo e, ainda, o glicerol, produtos que são utilizados na alimentação animal no caso do farelo, para geração de fontes de proteína como carne e leite. Ao considerar-se a soja como

matéria-prima do biodiesel, cada metro cúbico de combustível tem a capacidade de gerar cerca de 4 toneladas de farelo de soja, que consumidos pelo gado, podem produzir cerca de 430 kg de carne bovina. Pelo volume crescente da produção de biodiesel no Brasil torna-se possível calcular a disponibilidade interna de fontes protéicas alimentares e o resultado no aumento de carne ou de leite, com valor agregado, muito maior do que o grão de soja.

3 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV)

Uma importante ferramenta utilizada para avaliar o impacto ambiental de bens e serviços é a Avaliação do Ciclo de Vida – (ACV) (*Life Cycle Assessment – LCV*). A ACV de um bem é definida como sendo a história do produto, em que é feita uma referência entre todas as atividades presentes em sua constituição, desde a aquisição da matéria-prima necessária para a sua produção, utilização, manutenção e destino final (BERNARDES, 2006).

A avaliação inclui o ciclo de vida completo do produto, processo ou atividade, ou seja, a extração e o processamento de matérias-primas, a fabricação, o transporte e a distribuição; o uso, o reemprego, a manutenção; a reciclagem, a reutilização e a disposição final (SETAC, 1993, apud GIANNETTI E ALMEIDA, 2006).

Stewart *et al*, (1999) definem a análise do ciclo de vida como sendo um modelo de estudo em que se torna possível analisar o ciclo de vida por meio de simulações e testes para determinar as consequências ambientais das atividades da gestão, servindo de apoio à decisão na adoção das medidas que contribuirão para uma melhoria ambiental.

Na década de 1960 tiveram início os primeiros estudos sobre a ACV, a partir de questões levantadas com a explosão da crise do petróleo, no que tange o limite da extração de recursos naturais, principalmente, em relação aos combustíveis fósseis e recursos minerais. O cálculo de consumo de energia era o principal objetivo destes estudos, ficando assim conhecidos, como análise de energia (*energy analysis*). Estes trabalhos incluíam a elaboração de um fluxo grama de processo, com balanço de massa e energia. Por sua vez, indicadores de consumo de matérias-primas e combustíveis, bem como sobre a geração de resíduos, eram contabilizados automaticamente (COLTRO, 2007).

Em 1969 foi realizado um dos primeiros estudos que faz uso da ACV⁴, sendo o *Midwest Research Institute* (MRI) responsável pela realização do trabalho que foi elaborado para a Companhia Coca-Cola. Este estudo quantificou as

⁴ O termo ACV, ou em inglês, *Life Cycle Assessment* (LCA) foi utilizado primeiramente nos Estados Unidos da América (EUA) em 1990. A designação histórica para estes estudos de ciclo de vida ambiental, utilizados nos EUA desde 1970, era *Resource and Environmental Profile Analysis* (REPA) (HUNT e FRANKLIN, 1996, apud FERREIRA, 2004, p. 7).

necessidades de recursos, emissões e de resíduos derivados de diferentes embalagens utilizadas para engarrafar bebidas. Os resultados alcançados apontam que as garrafas de plásticos não apresentavam características do ponto de vista de impacto ambiental, piores do que as garrafas de vidro, um fato notável se levar em consideração que o plástico era visto como um material indesejado pelo lado do meio ambiente. Embora tal estudo nunca tenha sido publicado, ele foi utilizado pela Companhia Coca-Cola em suas tomadas de decisões, no que diz respeito ao uso de embalagens.

No ano de 1984, após um período de baixo interesse em relação à ferramenta de Análise do Ciclo de Vida, o Laboratório Federal Suíço para Teste e Investigação de Materiais (EMPA) apresentou um estudo com base no “Balanço Ecológico de Materiais de Embalagem (OFEFP, 1984. O objetivo deste trabalho foi de estabelecer uma base de dados para os materiais de embalagem mais importantes: alumínio, vidro, plásticos, papel e cartão, chapas de lata (HUNT e FRANKLIN, 1996; FINK, 1997, *apud* FERREIRA, 2007).⁵

3.1 Metodologia da Análise do Ciclo Vida (ACV)

De acordo com Giannetti e Almeida (2006) a ACV dispõe de uma análise demasiadamente complexa, uma vez que se faz uso de muitas variáveis, portanto, é possível apresentar uma estrutura formal, dividida basicamente em quatro etapas para realizar a avaliação do ciclo de vida de um produto.

A série *International Organization for Standardization* (ISO) 14040 de Gestão Ambiental apresenta as etapas, a estrutura geral, princípios e requisitos para se desenvolver um estudo de ACV, sendo composta por quatro fases:

- Definição do objetivo e do âmbito da análise;
- Inventário dos processos envolvidos, com enumeração das entradas e saídas do sistema;

⁵ O interesse por estudos de ACV enfraqueceu após a crise do petróleo. Porém, a ACV ressurgiu na década de 80 em decorrência do crescente interesse pelo meio ambiente. A partir de 1990, os estudos de ACV se expandiram muito e foram impulsionados pela normalização proporcionada pela série de normas ISO 14040, com conseqüente aumento do número de estudos, publicações, conferências e congressos, os quais ainda continuam aumentando (COLTRO, 2007, p. 7).

- Avaliação dos impactos ambientais associados às entradas e saídas do sistema;
- Interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação, tendo em conta os objetivos do estudo.

A primeira fase de um projeto de análise do ciclo de vida de um produto consiste na definição dos objetivos e limites do estudo, nas definições de escopo e da escolha da unidade funcional, em que serve de referência para relacionar as quantidades mencionadas na elaboração da fase seguinte. O objetivo do escopo inclui a definição do contexto do estudo ao qual estão associados, a quem e como os resultados serão comunicados. A unidade funcional diz respeito ao parâmetro que todas as entradas e saídas serão estabelecidas na ACV, por exemplo, 1 kg de soja disponível para a comercialização.

A análise do inventário, que é a segunda fase da ACV, é descrita por meio da série ISO 14041. Esta norma orienta como realizar a análise de inventário, que envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas de energia e materiais relevantes para o sistema em estudo.

A terceira fase definida pela ISO 14042 é a avaliação do impacto ambiental, em que são especificados os elementos essenciais para a estruturação dos dados, sua caracterização, a avaliação quantitativa e qualitativa dos impactos potenciais identificados na etapa da análise do inventário.

A quarta fase é apresentada pela ISO 14043, a qual consiste na interpretação do ciclo de vida, que define um procedimento sistemático para identificar, qualificar, conferir e avaliar as informações dos resultados do inventário do ciclo de vida ou avaliação do inventário do ciclo de vida, facilitando a interpretação do ciclo de vida para criar uma base na qual as conclusões e recomendações serão materializadas no Relatório Final. As fases de um projeto de ACV estão representadas esquematicamente na Figura 16.

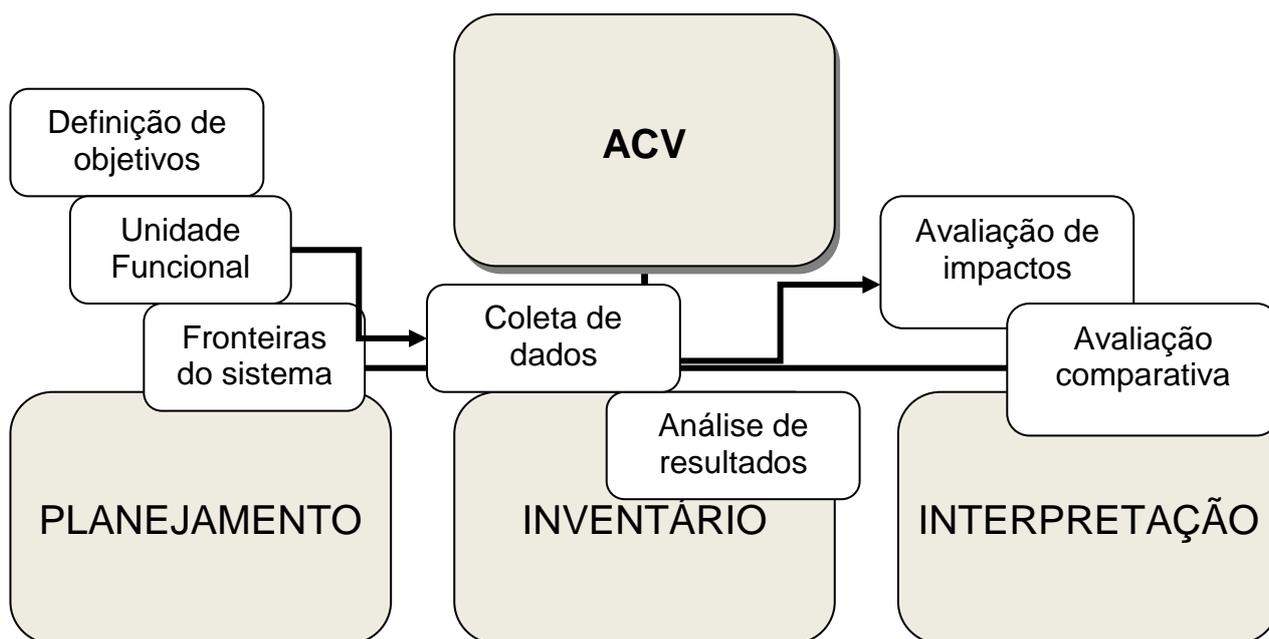


Figura 16: Etapas da Análise do Ciclo de Vida

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Giannetti e Almeida (2006).

Ao se pensar no termo ciclo de vida levando-se em consideração, além dos objetivos ambientais, os conceitos econômicos e sociais. A avaliação econômica do ciclo de vida (*Life Cycle Costing* –LCC ou ACVC – Avaliação do Ciclo de vida de Custos) inclui igualmente todos os custos envolvidos desde a extração da matéria-prima até a disposição final do produto, incluindo custos de proteção ambiental. A avaliação social do ciclo de vida (ASCV ou SLCA – *Societal Life Cycle Assessment*), entretanto se encontra, em fase inicial de desenvolvimento metodológico, por depender da definição dos diversos indicadores sociais. Ainda no *Life Cycle Thinking*, outro conceito emergente é a "Gestão do Ciclo de Vida - *Life Cycle Management* (LCM)", que visa a combinar a ACV, ACVC e ASCV, para a avaliação da sustentabilidade.

Entretanto, isto só será possível com a equalização consistente do sistema de fronteiras dos três componentes. Assim sendo, será possível comparar as vantagens e desvantagens ambientais, econômicas e sociais de um determinado sistema de produto com relação a outro que possua a mesma função (KLÖPPFER, 2005).

A metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de um produto, normalmente, considera todas as etapas necessárias para que o produto estudado

cumpra a sua função, ou seja, ACV é uma técnica de gestão que avalia os aspectos ambientais e impactos potenciais de um produto ao longo de um determinado período de tempo considerado como sua vida. O ciclo de vida de um produto normalmente começa quando os recursos naturais são extraídos da natureza, para serem utilizados como matérias-primas; continua por meio dos processos de produção, transporte e uso e termina com a gestão dos resíduos gerados, incluindo a reciclagem ou reuso e a disposição final. Em cada estágio do ciclo de vida, existem emissões e consumo de recursos (CHEHEBE, 1988).

3.2 Análise do Ciclo de Vida para o Biodiesel da Soja

Quando se é feita uma análise de todo o ciclo de vida do biodiesel, vê-se que o argumento deste ser uma alternativa ambiental correta (por apresentar neutralidade em relação ao CO₂, por sua combustão não gerar emissões significativas de compostos sulfurados), não necessariamente se mantém como vantagens naturais. Durante a produção agrícola da colza, girassol e de uma forma mais restrita da soja, são utilizados fertilizantes, biocidas e combustível para toda a parte referente à mecanização, o que demanda uma grande quantidade de combustíveis fósseis (KNOTHE *et al.*, 2006).

Gartner e Reinhardt (apud KNOTHE *et al.*, 2006, p. 250), com base na metodologia ACV, apresentam as vantagens e desvantagens do biodiesel fabricado a partir da utilização do éster metílico de óleo de colza (EMC), em comparação com o diesel convencional. Neste estudo é concluído que não é possível ter uma certeza imediata de qual combustível apresenta-se como a opção mais viável, quando se leva em consideração todos os aspectos ambientais, como o efeito estufa, o processo de acidificação e eutrofização e a toxicidade humana e ecológica etc.

Cavalett (2008) discute os impactos da utilização do óleo de soja como fonte de produção de biodiesel, utilizando da metodologia do Ciclo de Vida, a análise emergética e energética, além de analisar os impactos econômicos e as emissões de CO₂ em todo o processo de produção do combustível. Conclui-se que, com base nas metodologias utilizadas, o biodiesel de soja no Brasil não é uma alternativa viável.

Uma comparação de biodieseis provenientes de diversos óleos vegetais é apresentada no trabalho de Quirin *et al.*, (2004 *apud* KNOTHE *et al.*, 2006, p. 251 - 253). São analisados os resultados para os balanços de energia e de gases de efeito estufa do biodiesel oriundos de plantas oleaginosas, entre eles a colza, canola, soja, girassol e coco, versus o combustível convencional. O estudo conclui que as referidas matérias-primas de produção do biodiesel acabam por preservar as fontes de recursos fósseis e impactam positivamente na prevenção de gases do efeito estufa. O impacto econômico da utilização do óleo de soja apresenta o pior desempenho comparado às outras fontes.

4 INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA

4.1 Definição do Escopo

Esta parte da pesquisa tem como objetivo apresentar um Inventário do Ciclo de Vida para a produção de soja nas condições do Estado do Paraná frente aos impactos ambientais da atividade produtiva.

Função do Sistema

A função selecionada para este estudo de ACV é a produção de soja.

Unidade Funcional

A unidade funcional do estudo é a produção de uma tonelada de soja.

Fronteiras do Sistema

O sistema do produto é a fase de produção e extração de matéria-prima, não tendo sido incluídas as fases de transporte (transporte do farelo e transporte do óleo), nem do processo de esmagamento.

Fluxo de Referência

O fluxo de referência relacionado à unidade funcional e utilizado para a obtenção dos dados do ICV é a produção de uma tonelada de soja.

Sistema de Produção

As unidades de processo que compõem o sistema de produção da soja são as seguintes atividades:

- Atividade 1: Preparo do solo
- Atividade 2: Plantio da soja
- Atividade 3: Tratos culturais
- Atividade 4: Colheita da soja

4.2 Coleta de Dados

Os dados para o inventário foram coletados e classificados em entradas e saídas no processo de produção da soja. As entradas foram separadas como sendo

recurso renovável e não renovável e as saídas são apresentadas nas categorias de emissões para o ar, para a água e para o solo. Os dados têm origem em sites da EMBRAPA, ANP, MME, CONAB.

4.3 Inventário do Ciclo de Vida na Fase de Preparação para Semeadura

No processo de preparo do solo foram consideradas as entradas, de acordo com a Embrapa (2011), que são apresentadas na Tabela 7. Assim, na adubação com micronutrientes entraram no sistema o Boro (B), com uma recomendação média de 0,000077 toneladas para 1 tonelada de grãos e uma aplicação total de 1.186 toneladas aproximadamente, considerando a produção de soja no Paraná durante a safra 2010/11. Além deste, Cloro (CL), Cobalto (CO), Molibdênio (MO), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Cobre (Cu) também foram considerados como *inputs*, na forma de adubação.

Tabela 7 – Inventário da fase do preparo do solo para o plantio de soja no Paraná – Safra – 2010 - 2011.

Entrada de Micronutrientes	Unidade	Produção de 1 t de soja	Total Utilizado	Categoria / Subcategoria
B	t	0,000077	1.185,8	Recurso / não renovável
CL	t	0,000515	7.931,0	Recurso / não renovável
CO	t	0,000003	46,0	Recurso / não renovável
MO	t	0,00003	4.620,0	Recurso / não renovável
Fe	t	0,00046	70.840,0	Recurso / não renovável
Mn	t	0,00013	20.020,0	Recurso / não renovável
Zn	t	0,000061	9.390,0	Recurso / não renovável
Cu	t	0,000026	4.000,0	Recurso / não renovável

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Embrapa (2011).

O Co e o Mo são indispensáveis para a eficiência da fixação biológica do nitrogênio (FBN), para a maioria dos solos em que a soja vem sendo cultivada. As indicações técnicas atuais desses nutrientes são para aplicação de 2 a 3 g de Co e 12 a 30 g de Mo/ha. Considerando a necessidade para a produção de 1 tonelada de grãos, houve uma aplicação de aproximadamente 120.000 toneladas de micronutrientes. Na fase de preparo ainda podemos considerar os fungicidas como materiais auxiliares, uma vez que são utilizados no tratamento das sementes, garantindo assim o melhor estabelecimento das plantas em virtude de controlar patógenos transmitidos pelas sementes.

Lewis, *et al.*, (1999 apud MARZULLO, 2007, p. 87), indicam que, para elaborar um inventário do uso de pesticidas, é necessário classificar as emissões, em emissões para o ar, o que atinge a cultura e o que vai para o solo. Esta divisão depende das características do pesticida, juntamente com as condições do meio em que está sendo aplicado. De acordo com os autores tem-se:

- Da quantidade de pesticidas aplicados, 46 a 80% permanecem entre o solo e a cultura, enquanto 20 a 54% é volatilizado;
- Da quantidade de pesticida que permanece entre solo e cultura, 2 a 50% atingem a plantação (dependendo do tamanho das folhas e cobertura) e 50 a 98% vão para o solo;
- Da quantidade de pesticida que atinge a plantação, 12 a 46% são volatilizados das folhas e 54 a 88% são direcionados para outras rotas (absorção pela planta ou drenagem para o solo);
- Da quantidade de pesticida direcionado para outras rotas, aproximadamente 20% é absorvido pela planta, enquanto que 80% é levado por drenagem, podendo atingir corpos hídricos;
- Da quantidade de pesticida que atinge o solo diretamente, 5% é levado por drenagem e 5 % é levado pela erosão;
- Caso o pesticida seja rapidamente incorporado ao solo, ainda existe uma volatilização da ordem de 5%, caso contrário a volatilização pode variar de 5 a 44%.

A Figura 17 mostra o destino dos defensivos agrícolas em termos percentuais, para as categorias ar, solo e cultura.

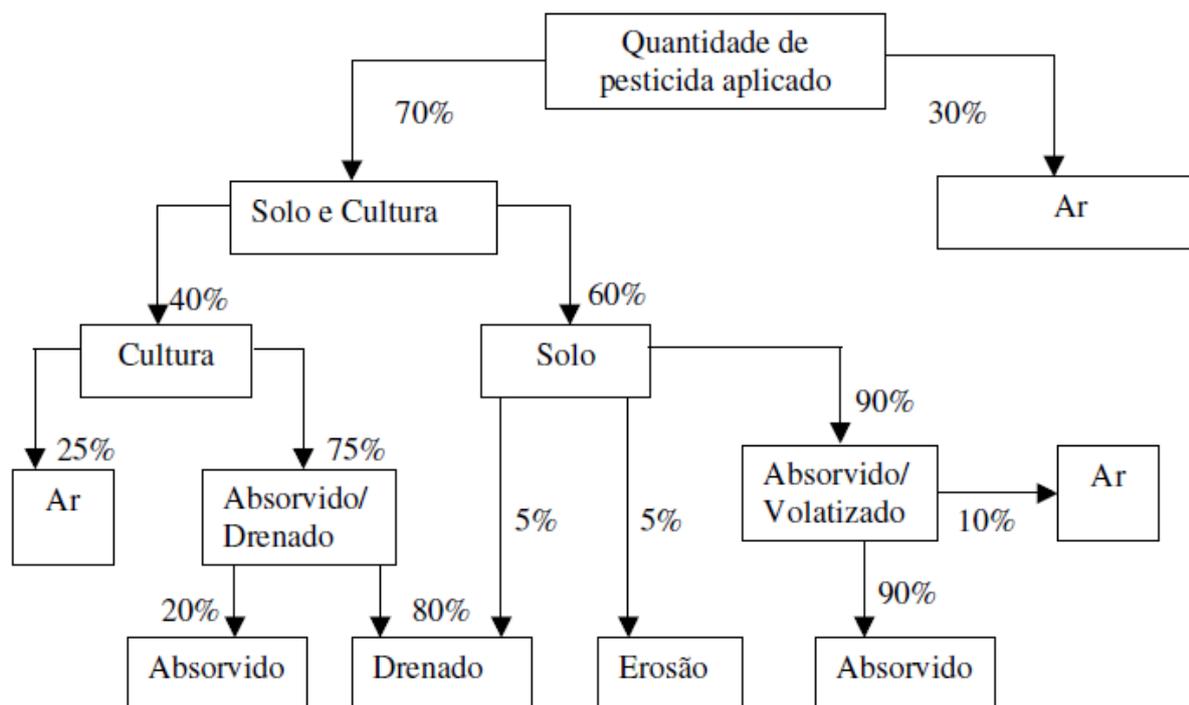


Figura 17: Destino dos defensivos agrícolas após a aplicação.

Fonte: Marzzullo (2007).

Em 2009 foram geradas 1.078,935t de sementes segundo dados apresentados pela Associação Brasileira de Sementes e Muda – (ABRASEM, 2011). A quantidade aplicada de cada fungicida é a dose em gramas equivalente à produção de 1 tonelada de grãos de soja multiplicada pela quantidade produzida de soja no Paraná durante a safra 2010/2011.

O gasto de sementes é em torno de 70 a 80 kg/ha. As variações podem ocorrer principalmente por causa do tamanho da semente e/ou pelo seu poder germinativo (AGROBYET, 2011). Conforme EMBRAPA (2011) e CONAB (2011) 1 ha com uma população média de 350 mil plantas a produtividade média/ha é em torno de 3.500 kg de soja. Levando em consideração a unidade funcional do trabalho de 1t de soja, tomando 75 kg de sementes para a produção de 3.500 kg de soja, tem-se 21 kg de semente para a produção de 1t de soja. De acordo com Marzzullo (2007), a produção de 1 tonelada de soja necessita de 20,8 kg de semente, portanto, a média apresentada condiz com dados encontrados na literatura.

No Quadro 1a é possível observar os principais fungicidas utilizados no preparo da semente, classificados como fungicida de contato e sistêmicos. O

tratamento das sementes é realizado com pré-diluição, em uma mistura de 250 mL de fungicida e 250 mL de água para cada 100 kg de sementes.

De acordo com os dados apresentados, verifica-se que para 1 tonelada de grãos colhida, foram necessários 95,86 gramas de fungicidas. Para o total colhido, durante a safra 2010/2011, foi totalizada uma aplicação de 14.762 kg.

Quadro 1a – Entradas em gramas dos principais fungicidas utilizados no cultivo da soja – Safra 2010/2011.

Materiais Auxiliares	Unid.	100 kg Sementes	Total por 1t Colhida	Total Utilizado	Categoria / Subcategoria
Fungicidas de Contato			g	g	
Captan - c	g	90	18,9	291,06	Recurso / não renovável
Thiram	g	70	14,7	226,38	Recurso / não renovável
Tholyfluanid	g	50	10,5	161,70	Recurso / não renovável
Fungicidas Sistêmicos					
Carbendazin	g	30	6,3	97,02	Recurso / não renovável
Carbendazin + Thiram	g	30	6,3	97,02	Recurso / não renovável
Carboxim + Thiram	g	75	15,75	242,55	Recurso / não renovável
Difenoconazole	g	5	1,05	16,17	Recurso / não renovável
Fludioxonil + Methalaxil - M	g	2,5	0,52	8,0	Recurso / não renovável
Thiabendazole	g	17	3,57	54,97	Recurso / não renovável
Thiabendazole + Thiram	g	17	3,57	54,97	Recurso / não renovável
Tiofenato metílico	g	70	14,7	226,38	Recurso / não renovável
Total	g	456,5	95,86	1476,22	Recurso / não renovável

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Embrapa (2011).

Com base nos indicadores de emissão da Figura 17, foi elaborado o Quadro 1b no qual apresentam-se as saídas ou emissões do uso de fungicidas no cultivo da soja, com aproximadamente 40% emitidos direta e indiretamente para a categoria ar, 36% para o solo, 19% na forma de efluentes líquidos e em torno de 5%

é absorvido pela cultura, em que as emissões para o solo abrangem o que o solo absorveu mais o que foi levado por erosão, enquanto as emissões líquidas abrangem tudo o que foi drenado.

Quadro 1b – Emissões em gramas dos principais fungicidas utilizados no cultivo da soja – Safra 2010/2011.

Materiais Auxiliares	Emissões para o solo	Emissões para o ar	Emissões líquidas	Categoria / Subcategoria
Fungicidas de Contato	g	g	g	
Captan - c	6,804	7,56	3,591	Recurso / não renovável
Thiram	5,292	5,88	2,793	Recurso / não renovável
Tholyfluanid	3,78	4,2	1,995	Recurso / não renovável
Fungicidas Sistêmicos				
Carbendazin	2,268	2,52	1,197	Recurso / não renovável
Carbendazin + Thiram	2,268	2,52	1,197	Recurso / não renovável
Carboxim + Thiram	5,67	6,3	2,9925	Recurso / não renovável
Difenoconazole	0,378	0,42	0,1995	Recurso / não renovável
Fludioxonil + Methalaxil - M	0,1872	0,208	0,0988	Recurso / não renovável
Thiabendazole	1,2852	1,428	0,6783	Recurso / não renovável
Thiabendazole + Thiram	1,2852	1,428	0,6783	Recurso / não renovável
Tiofenato metílico	5,292	5,88	2,793	Recurso / não renovável
Total	34,509	38,34	18,2134	Recurso / não renovável

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Embrapa (2011).

O Quadro 1b mostra que do total de fungicidas aplicados no processo 91 gramas foram convertidos em emissões. A diferença entre a entrada e a saída, de aproximadamente 4 gramas, justifica-se pela absorção da cultura.

4.4 Inventário do Ciclo de Vida na Fase do Plantio da Soja

De acordo com Marzullo (2007) para a produção de 1 tonelada de soja tem-se as seguintes entradas, como pode ser observado na Tabela 8.

A entrada de CO₂ no sistema está relacionada ao sequestro de carbono da atmosfera proporcionado pela biomassa (matéria seca da soja). Conforme Scopel *et al.* (2005) apud Marzullo (2007), verifica-se que o cultivo de soja devolve ao solo de 4 a 5 toneladas de matéria seca/ha/ano.

Adotando 4,6 t/ha de matéria seca (PADUA *et al.*, 2006) com 50% de carbono, temos um sequestro de 2,3 t de carbono por hectare o que corresponde a 8433 kg de CO₂/ha. Como para a produção de 1 tonelada de soja são necessários 0,347 hectares, temos uma absorção de 2928 kg de CO₂. Segundo Nemecek (2004), para a cultura da soja, a taxa de fixação de CO₂ corresponde a 1,60 kg de CO₂/kg de matéria seca. Desta forma, a absorção de CO₂ seria de 2556 kg, considerando-se a mesma quantidade de matéria seca. Entretanto, optou-se por considerar o maior valor de CO₂ absorvido, por caracterizar um melhor desempenho em termos ambientais (MARZULLO, 2007, p. 84).

Tabela 8 – Entradas na produção de soja.

Entradas	Unidade	Produção de 1 t de soja
Sementes	kg	20,80
Inoculante	L	0,59
CO ₂	kg	2.930,0
Calcário	kg	278,00
Inseticidas	kg	0,28
Fungicidas	kg	0,07
Herbicidas	kg	0,92
N	kg	2,78
P ₂ O ₅	kg	27,80
K ₂ O	kg	27,80
Água	kg	208,00

Fonte: Adaptado de Marzullo (2007).

De acordo com estimativa da CONAB (2011), durante a safra 2010/11 o Paraná foi responsável pela produção de 15,4 milhões de toneladas de soja, ocupando uma área cultivada de 4,6 milhões de hectares, com uma produtividade de 3.350 kg/ha, portanto, foi necessário 0,290 hectares para a produção de 1 tonelada

de soja. Utilizando a metodologia de cálculo de Padua *et al.* (2006), na safra 2010/11 teve-se um sequestro de 2.445 kg de CO₂ ou de 0,667 toneladas de carbono no Paraná, para cada tonelada de grãos colhida.

O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja. A estimativa é que para a produção de 1 t de grãos de soja sejam necessários 80 kg de N (EMBRAPA, 2011). Basicamente, as fontes de N disponíveis para a cultura da soja são os fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica do nitrogênio (FBN) (HUNGRIA *et al.*, 2001). Fixação biológica do nitrogênio (FBN) - é a principal fonte de N para a cultura da soja. Bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, quando em contato com as raízes da soja, infectam as raízes, via pêlos radiculares, formando os nódulos. A FBN pode, dependendo de sua eficiência, fornecer todo o N que a soja necessita. As principais emissões resultantes de aplicações de fertilizantes inorgânicos são as perdas de nitrato via lixiviação, liberação de amônia, lançamento de gases do efeito estufa e de óxido nitroso (NEMECEK, 2004).

Na Tabela 9 foram classificadas como entradas da matéria-prima do processo os macronutrientes: Nitrogênio(N), Fósforo(P), Potássio(K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre(S). As doses de macronutrientes são referentes a 1 t de grãos que se quer produzir. Levando em consideração a estimativa de 80 kg de nitrogênio para a produção de 1 t de grãos. A quantidade total aplicada de nitrogênio em uma produção de 15,4 milhões t de grãos de soja é equivalente a 1.232.000 t.

Tabela 9 – Inventário da fase do plantio de soja no Paraná – Safra 2010 - 2011.

Entrada de Macronutrientes	Produção de 1 t de soja (kg)	Total Utilizado (t)	Categoria / Subcategoria
N	80	1.232.000	Recurso / não renovável
P ₂ O ₅	15,4	237.160	Recurso / não renovável
K ₂ O	38	585.20	Recurso / não renovável
Ca	12,2	187.880	Recurso / não renovável
Mg	6,7	103.180	Recurso / não renovável
S	10	154.000,0	Recurso / não renovável

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Embrapa (2011).

Determinadas as necessidades de enxofre (S) e considerando a absorção e exportação do nutriente a adubação corresponde a 10 kg de S para cada 1 tonelada de grãos que se espere produzir. Como na safra 2010/11 houve uma

produção de 15,4 milhões de toneladas de soja, a quantidade total máxima de enxofre aplicada pode ter chegado ao valor de 154 mil toneladas (EMBRAPA, 2011).

Marzullo (2007) apresenta que para cada kg de nitrogênio são emitidos 1,57 kg de CO₂, enquanto para Nemecek (2005) o fator utilizado é de 1,6 kg CO₂ para 1 kg de N. Partindo desses indicadores, é possível afirmar que a produção de uma tonelada de soja gera uma emissão via utilização de nitrogênio de cerca de 125,6 kg de dióxido de carbono.

Segundo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC,1996), para cada kg de N empregado, são emitidos 0,0125 kg de N₂O e de acordo com Nemecek *et al* (2004) as emissões de NO_x são estimadas a partir das emissões de N₂O pela seguinte fórmula: NO_x = N₂O*0,21. De acordo com esta razão 80 kg de nitrogênio emite 1 kg de dióxido de nitrogênio, que tem como características o cheiro forte e irritante, muito tóxico, além de ser um poderoso oxidante que, nas reações na atmosfera pode dar origem a ácido nítrico, bem como a nitratos orgânicos que contribuem para fenômenos com elevado impacto ambientais, como as chuvas ácidas e a eutrofização de lagos e rios.

Ainda, o nutriente P₂O₅ que não foi absorvido pela planta é considerado como potencial de lixiviação de fosfatos. Segundo a Embrapa (2011), a soja necessita de 15,4 kg de P₂O₅ para produzir 1 tonelada de grãos. Considerando a entrada de 27,8 kg deste nutriente, o saldo (12,4 kg) seria o potencial de fosfato a ser perdido por lixiviação se não fossem as ervas daninhas.

De acordo com Procópio *et al.* (2005), existe uma competição natural pelo fósforo entre a cultura agrícola da soja e as plantas daninhas, sendo que esta última pode acumular concentrações acima da necessária para o seu desenvolvimento. Além disso, segundo a Embrapa (2011), o fósforo é sujeito a forte adsorção química (do tipo covalente) às partículas do solo. Desse modo, praticamente não sofre lixiviação, sendo quase nula a possibilidade de que venha a atingir o lençol freático mediante tal processo.

4.5 Inventário do Ciclo de Vida na Fase do Manejo da Soja

Na fase do manejo da cultura da soja são consideradas as principais entradas em relação aos materiais auxiliares e uso de energia. Nesta fase são aplicados os defensivos agrícolas, com o propósito de controlar as plantas daninhas

e os insetos-pragas. O controle de plantas daninhas é uma prática de levada importância para a obtenção de altos rendimentos em qualquer exploração agrícola e tão antiga quanto a própria agricultura. O método mais utilizado para controlar as invasoras é o químico, isto é, o uso de herbicidas (ANEXO I). Suas vantagens são a economia de mão-de-obra e a rapidez na aplicação.

Segundo Fidelis *et al.* (2003 *apud* MARZULLO, 2007, p. 88) e EMBRAPA (2011), Anexo II, no sistema de plantio direto a cultura da soja é atacada pelas seguintes pragas: lagarta-da-soja, percevejo marrom, percevejo verde, percevejo pequeno e lagarta-do-cartucho-do-milho, sendo o coro-da-soja e o tamanduá-da-soja as principais pragas de solo. Dentre as doenças da cultura da soja no plantio direto, as que apresentam maior grau de importância são: cancro-da-haste, podridão-branca-da-haste, podridão-radicular-de-fusarium, nematóides e doenças de final de ciclo.

Considerando as emissões apresentadas na Figura 17 foi elaborado o inventário dos fluxos de entradas e saídas dos herbicidas e inseticidas para a produção de 1 tonelada de soja nas condições do Estado do Paraná, de acordo com os dados apresentados nos Quadros 2a e 2b.

O Quadro 2a representa a entrada dos principais herbicidas no cultivo da soja. O valor para o cálculo do herbicida Acidofluoren-sódio foi obtido utilizando a dose de 1,5 kg/ha multiplicando-se pela área de cultivo no Paraná para a obtenção de 1 tonelada de grãos, que segundo dados da CONAB (2011) é de 0,290 ha. O valor calculado foi de 0,43 kg. Os outros herbicidas foram calculados seguindo o mesmo procedimento utilizado para o acidofluoren-sódio.

Quadro 2a – Entrada de Herbicidas no cultivo de soja no Paraná – Safra 2010/2011.

Herbicidas	Dose (kg)	Produção de 1 t de soja (kg)	Categoria / Subcategoria
Acifluorem-sódio	1,5	0,43	Recurso / não renovável
Alachlor	7,0	2,03	Recurso / não renovável
Bentazon	1,2	0,34	Recurso / não renovável
Bentazon+ Acifluorem-sódio	1,2	0,34	Recurso / não renovável
Clomazone	2,0	0,58	Recurso / não renovável
Cloransulam-methyl	0,047	0,01	Recurso / não renovável
Cyanazine	3,0	0,87	Recurso / não renovável
Total	15,95	4,6	Recurso / não renovável

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Embrapa (2011).

O Quadro 2b representa as saídas ou emissões do uso de herbicidas no cultivo da soja, com aproximadamente 40% emitidos direta e indiretamente para a categoria ar, 36% para o solo, 19% na forma de efluentes líquidos e em torno de 5% é absorvido pela cultura. As emissões para o solo abrangem o que o solo absorveu mais o que foi levado por erosão, enquanto as emissões líquidas abrangem tudo o que foi drenado.

Quadro 2b – Emissões do uso de Herbicidas no cultivo de soja no Paraná – Safra 2010/2011.

Herbicidas	Emissões para o solo (kg)	Emissões para o ar (kg)	Emissões líquidas (kg)	Categoria / Subcategoria
Acifluorem-sódio	0,1548	0,172	0,0817	Recurso / não renovável
Alachlor	0,7308	0,812	0,3857	Recurso / não renovável
Bentazon	0,1224	0,136	0,0646	Recurso / não renovável
Bentazon+ Acifluorem-sódio	0,1224	0,136	0,0646	Recurso / não renovável
Clomazone	0,2088	0,232	0,1102	Recurso / não renovável
Cloransulam-methyl	0,0036	0,004	0,0019	Recurso / não renovável
Cyanazine	0,3132	0,348	0,1653	Recurso / não renovável
Total	1,656	1,84	0,874	Recurso / não renovável

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Embrapa (2011).

Um dos efeitos do uso de herbicidas na cultura da soja consiste no fato de que quando uma molécula de herbicida entra em contato com o solo, é possível ocorrer um processo de degradação e sorção. Estes dois processos podem levar ao absorvimento da molécula pela cultura, a lixiviação da molécula para camadas subsuperficiais do solo, sendo possível, até mesmo alcançar os cursos de água subterrâneos, ou a formação de resíduos ligados. A presença de matéria orgânica pode contribuir com o aumento da sorção do herbicida, tornando-o indisponível, ou ativar a microbiota do solo e, desta maneira, contribuir com a elevação de sua degradação (PRATA; LAVORENTI, 2000).

O herbicida alachlor tem como característica o fato de ser inibidor da síntese de proteínas e lipídeos nas espécies suscetíveis. Após sua aplicação, as plantas suscetíveis não emergem. As que conseguem emergir ficam retorcidas e com folhas enroladas. Adsorvido pelos colóides do solo tem pouco potencial de

lixiviação. Conserva-se no solo de 6 a 10 semanas (nas doses recomendadas, variáveis com o tipo de solo e condições climáticas), além de apresentar baixa mobilidade no solo (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

De acordo com os resultados obtidos foram utilizadas aproximadamente 70 toneladas de alachlor na safra 2010/11 no Paraná, podendo assim, ter contribuído de maneira significativa com a degradação do solo paranaense.

O Quadro 3a apresenta a entrada de inseticidas, para obter a quantidade de baculovirus anticarsia, foi multiplicada a dosagem técnica de gramas de ingredientes ativos (g i.a), de 50 g, pela área 0,290 ha, obtendo-se o valor de 14,50 g deste inseticida. Todos os outros inseticidas observaram o mesmo método de cálculo para a obtenção dos resultados desta tabela de inventário. No Anexo III do presente trabalho estão presentes os inseticidas utilizados no controle das pragas mais presentes na cultura da soja (EMBRAPA, 2011).

Quadro 3a – Entrada de inseticidas no cultivo de soja no Paraná – Safra 2010/2011.

Inseticidas	Dose g i.a* (g)	Produção de 1 t de soja (g)	Categoria / Subcategoria
Controle da Lagarta da soja			
Alfa-cipermetrina	9	2,61	Recurso / não renovável
Beta cifutrina	2,5	0,72	Recurso / não renovável
Baculovirus anticarsia	50	14,50	Recurso / não renovável
Beta cipermetrina	6	1,74	Recurso / não renovável
Carbaril	192	55,68	Recurso / não renovável
Controle do percevejo verde			
Acefato	225	65,25	Recurso / não renovável
Endossulfan	437,5	126,87	Recurso / não renovável
Fenitrothion	500	145,00	Recurso / não renovável
Metamidofós	300	87,00	Recurso / não renovável
Controle do percevejo verde pequeno			
Acefato	225	65,25	Recurso / não renovável
Endossulfan SC	500	145,00	Recurso / não renovável
Carbaril	800	232,00	Recurso / não renovável
Tiametoxam	25,38	7,36	Recurso / não renovável
Total	3272,38	948,98	Recurso / não renovável

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Embrapa (2011).

* Gramas de ingredientes ativos.

O Quadro 3b apresenta as saídas do uso de inseticidas no cultivo da soja, com aproximadamente 40% emitidos direta e indiretamente para a categoria ar, 36% para o solo, 19% na forma de efluentes líquidos e em torno de 5% é absorvido pela cultura, onde as emissões para o solo abrangem o que o solo absorveu mais o que foi levado por erosão, enquanto as emissões líquidas abrangem tudo o que foi drenado.

Quadro 3b – Emissões do uso de inseticidas no cultivo de soja no Paraná – Safra 2010/2011.

Inseticidas	Emissões para o solo (g)	Emissões para o ar (g)	Emissões líquidas (g)	Categoria / Subcategoria
Controle da Lagarta da soja				
Alfa-cipermetrina	0,9396	1,044	0,4959	Recurso / não renovável
Beta cifutrina	0,2592	0,288	0,1368	Recurso / não renovável
Baculovirus anticarsia	5,22	5,8	2,755	Recurso / não renovável
Beta cipermetrina	0,6264	0,696	0,3306	Recurso / não renovável
Carbaril	20,0448	22,272	10,5792	Recurso / não renovável
Controle do percevejo verde				
Acefato	23,49	26,1	12,3975	Recurso / não renovável
Endossulfan	45,6732	50,748	24,1053	Recurso / não renovável
Fenitrotiona	52,2	58	27,55	Recurso / não renovável
Metamidofós	31,32	34,8	16,53	Recurso / não renovável
Controle do percevejo verde pequeno				
Acefato	23,49	26,1	12,3975	Recurso / não renovável
Endossulfan SC	52,2	58	27,55	Recurso / não renovável
Carbaril	83,52	92,8	44,08	Recurso / não renovável
Tiametoxam	2,6496	2,944	1,3984	Recurso / não renovável
Total	341,63	379,59	180,30	Recurso / não renovável

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Embrapa (2011).

A utilização de pesticidas faz parte da agricultura da soja para o combate de pragas e doenças, entretanto, esta prática pode causar significativos impactos ao meio ambiente, por exemplo, pela contaminação de corpos d'água e efeitos negativos à biodiversidade. O carbaril, por exemplo, exerce efeitos de toxicidade humana, uma vez que ele é um inibidor de acetilcolinesterase, causador de hipotireoidismo, além de provocar uma redução na contagem de espermatozoides e presença excessiva de espermatozoides anormais (LARINI, 1999; MENDES, 1997).

O endossulfan⁶ pertence ao grupo químico organoclorado e ao subgrupo clorociclodieno, é utilizado na aplicação foliar das culturas de algodão, café, cana-de-açúcar e soja. Este pesticida altamente tóxico (classificação toxicológica: classe I), prejudica o sistema endócrino, e baixos níveis de exposição no útero têm sido associados a danos reprodutivos e a outros defeitos congênitos. A intoxicação aguda pode causar dores de cabeça, vômitos, convulsões e, em casos extremos, inconsciência e morte (ANVISA, 2012; RBCA, 2012).

4.6 Inventário do Uso de Energia na Produção da Soja

Segundo Mello *et al.* (2005 *apud* MARZULLO, 2007, p. 115) em um sistema de plantio direto a primeira operação a ser realizada é a dessecagem da cobertura verde. A próxima operação é a calagem do solo, seguida pela semeadura da soja. Após o plantio, as operações seguintes a serem realizadas incluem uma aplicação de inseticida, uma de fungicida e duas para a ferrugem da soja. A próxima operação é a da colheita e, por fim, a última operação realizada é de semeadura de cobertura verde.

Após o cálculo do consumo de diesel (em litros/hora), Mello (2005) calculou o mesmo consumo em litros/hectare para tornar possível a comparação com a quantidade de óleo de soja extraída em um hectare. Este cálculo foi feito por intermédio da determinação em cada operação da Capacidade de Campo Efetiva, que expressa em quantos hectares cada 114 máquinas são capazes de trabalhar no período de uma hora segundo padrão ASAE EP4 96.2 (MARZULLO, 2007, p. 115).

O Quadro 4 apresenta os resultados do consumo de diesel no cultivo da soja.

⁶ Agrotóxico em processo de retirada programada do território nacional, resultante da reavaliação toxicológica. Decisão na íntegra publicada no Diário Oficial da União nº 156, Seção 1, p. 64, em 16 de agosto de 2010 (Resolução RDC nº 28, de 9 de agosto de 2010) (ANVISA, 2012).

Quadro 4 – Consumo de diesel em kg/ha para cada operação mecanizada do cultivo da soja

Operação	Equipamento	L/ha	kg/ha
Dessecagem da cobertura verde (1)	Trator + pulverizador c/ vazão de 100 l/min	0,58	0,487
Calagem (2)	Trator + distribuidor de calcário	2,36	1,979
Semeadura da soja (3)	Trator + semeadora c /13 linhas	8,67	7,283
Aplicação de inseticida (4)	Trator + pulverizador c/ vazão de 100 l/min	0,58	0,487
Aplicação de fungicida (5)	Trator + pulverizador c/ vazão de 100 l/min	0,58	0,487
Aplicação de defensivo a ferrugem (6)	Trator + pulverizador c/ vazão de 100 l/min	0,58	0,487
Colheita (7)	Trator + pulverizador c/ vazão de 100 l/min	29,0	24,36
Semeadura da cobertura verde (8)	Trator + pulverizador c/ vazão de 100 l/min	7,91	6,64
Total		49,68	42,21

Fonte: Marzullo (2007).

Com base na metodologia de Mello *et al.* (2005 *apud* MARZULLO, 2007, p. 115), o Quadro 5 apresenta o consumo de diesel, levando em consideração a produtividade média adotada neste estudo de 3.500 kg de soja por hectare. O cálculo é feito pela multiplicação dos respectivos valores apresentados no Quadro 4 pelo equivalente de área (0,290 hectares) utilizada para a produção de 1 tonelada de grãos.

No trabalho de Marzullo (2007) a partir da mesma metodologia a autora conclui que, para a produção de 1 tonelada de grãos de soja, são necessários 14,82 kg de diesel, considerando uma produtividade média de 2.880 kg e uma área necessária de 0,347 hectares.

Quadro 5 – Consumo de diesel para cada operação mecanizada para a produção de 1 tonelada de soja.

Operação	Equipamento	L	kg
Dessecagem da cobertura verde (1)	Trator + pulverizador c/ vazão de 100 l/min	0,17	0,14
Calagem (2)	Trator + distribuidor de calcário	0,68	0,57
Semeadura da soja (3)	Trator + semeadora c /13 linhas	2,51	2,11
Aplicação de inseticida (4)	Trator + pulverizador c/ vazão de 100 l/min	0,17	0,14
Aplicação de fungicida (5)	Trator + pulverizador c/ vazão de 100 l/min	0,17	0,14
Aplicação de defensivo a ferrugem (6)	Trator + pulverizador c/ vazão de 100 l/min	0,17	0,14
Colheita (7)	Trator + pulverizador c/ vazão de 100 l/min	8,41	7,06
Semeadura da cobertura verde (8)	Trator + pulverizador c/ vazão de 100 l/min	2,29	1,92
Total		14,57	12,22

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Marzullo (2007).

De acordo com Sheehan *et al.* (1998, *apud* MARZULLO, 2007), a queima de 1 kg de diesel apresenta os seguintes fatores de emissões apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Fatores de emissão para a queima de 1kg de diesel.

Fatores	Emissões (kg)
CxHy	3,59E - 03
CO	1,35E - 02
NOx	3,76E - 02
Mat. Particulado	1,73 E - 03
SO ₂	5,07E - 03
CH ₄	1,78E - 04
N ₂ O	8,03E - 05
CO ₂	3,19E + 00

Fonte: Marzullo (2007).

Os Quadros 7a e 7b apresentam as emissões atmosféricas da queima de diesel das operações mecanizadas para a produção de 1 tonelada de soja.

Quadro 7a – Emissões da queima de diesel para a produção de 1t de soja no Paraná.

Produção de 1t de soja	Un.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Entradas						
Diesel	Kg	0,14	0,57	2,11	0,14	0,14
Emissões	Kg					
CxHy	Kg	5,03E-04	2,05E-03	7,57E-03	5,03E-04	5,03E-04
CO	Kg	1,89E-03	7,70E-03	2,85E-02	1,89E-03	1,89E-03
NOx	Kg	5,26E-03	2,14E-02	7,93E-02	5,26E-03	5,26E-03
Mat. Part.	Kg	2,42E-04	9,86E-04	3,65E-03	2,42E-04	2,42E-04
SO ₂	Kg	7,10E-04	2,89E-03	1,07E-02	7,10E-04	7,10E-04
CH ₄	Kg	2,49E-05	1,01E-04	3,76E-04	2,49E-05	2,49E-05
N ₂ O	Kg	1,12E-05	4,58E-05	1,69E-04	1,12E-05	1,12E-05
CO ₂	Kg	4,47E-01	1,82E+00	6,73E+00	4,47E-01	4,47E-01

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Marzullo (2007).

Quadro 7b – Emissões da queima de diesel para a produção de 1t de soja no Paraná.

Produção de 1t de soja	Un.	(6)	(7)	(8)	Total
Entradas					A+B
Diesel	Kg	0,14	7,06	1,92	
Emissões					
CxHy	Kg	5,03E-04	2,53E-02	6,89E-03	4,39E-02
CO	Kg	1,89E-03	9,53E-02	2,59E-02	1,65E-01
NOx	Kg	5,26E-03	2,65E-01	7,22E-02	4,59E-01
Mat. Part.	Kg	2,42E-04	1,22E-02	3,32E-03	2,11E-02
SO ₂	Kg	7,10E-04	3,58E-02	9,73E-03	6,20E-02
CH ₄	Kg	2,49E-05	1,26E-03	3,42E-04	2,18E-03
N ₂ O	Kg	1,12E-05	5,67E-04	1,54E-04	9,81E-04
CO ₂	Kg	4,47E-01	2,25E+01	6,12E+00	3,90E+01

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Marzullo (2007).

Na análise conjunta dos dados apresentados nos Quadros 7a e 7b, o maior resultado de emissão foi encontrado para o CO₂, apontando que para as condições da safra 2010/2011 no Paraná a produção de 1 tonelada de soja gerou a

emissão equivalente à 39 kg de dióxido de carbono na atmosfera, durante a etapa mecanizada considerada no respectivo trabalho.

Outra metodologia apresentada na literatura é a de Gazzoni (2009), na qual 0,066 t de combustíveis fósseis são utilizados para uma produtividade de 4 t de grãos. Portanto de acordo com esta metodologia, para 15,4 milhões de toneladas de grãos de soja produzidas no Paraná, a quantidade de combustível fóssil utilizada foi em torno de 254.000 t, correspondendo a 16,5 kg de combustível para a produção de 1 tonelada de grãos, portanto, teríamos uma emissão de CO₂ equivalente à 52 kg para 1 tonelada de soja produzida.

Em seu trabalho Cavalett (2008) apresenta que são liberados 238 gramas de CO₂ por kg de soja, considerando também a emissão por solo perdido, o que corresponde a 238 kg de CO₂ por tonelada de soja produzida.

A entrada de água corresponde às necessidades hídricas na produção da soja. Há dois estágios do desenvolvimento da soja em que a disponibilidade de água é importante, durante a germinação-emergência e floração-enchimento de grãos. Durante o primeiro período, tanto o excesso quanto a falta de água são fatores prejudiciais à obtenção de uma boa homogeneidade na população de plantas. A semente de soja tem uma necessidade de absorção de no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar boa germinação. Nessa fase, o conteúdo de água no solo não deve exceder a 85% do total máximo de água disponível e nem ser inferior a 50% (EMBRAPA, 2011).

No segundo período, ao passo que a planta vai se desenvolvendo, a necessidade de água tende a se elevar na cultura da soja, atingindo o máximo durante a floração-enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia), decrescendo após esse período. Déficits hídricos expressivos, durante a floração e o enchimento de grãos, provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento de folhas e, como consequência, causam a queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, resultando, por fim, em redução do rendimento de grãos. A necessidade hídrica na cultura da soja, para a maximização do rendimento da cultura, varia entre 450 a 800 mm/ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo (EMBRAPA, 2011).

4.7 Manejo do Solo na Produção da Soja no Estado do Paraná

O manejo do solo é representado por conjunto de atividades realizadas com objetivos de propiciar condições favoráveis à semeadura. Sendo considerada uma das mais importantes operações a ser realizada para o bom desenvolvimento da cultura, podendo levar a uma alta produtividade das culturas a baixos custos. No entanto se usado de maneira incorreta, pode acarretar uma rápida degradação física, química e biológica do solo, contribuindo para uma redução do potencial produtivo.

O atual sistema de exploração agrícola tem levado o solo a um processo acelerado de degradação, sendo que os fatores que causam essa degradação agem de forma conjunta e a importância relativa de cada um varia com as circunstâncias de clima, do próprio solo e das espécies cultivadas. Dentre esses fatores destacam-se a compactação, a ausência da cobertura vegetal do solo, a ação das chuvas de alta intensidade, o uso de áreas inaptas para culturas anuais.

O sistema de produção de soja brasileiro ainda tem, em várias regiões, como forma de preparo do solo, o uso continuado de grades de discos, com várias operações anuais. Como resultado, ocorre degradação de sua estrutura, com formação de camadas compactadas, encrostamento superficial e perdas por erosão. Em substituição a este modelo deve-se dar prioridade ao uso do sistema de plantio direto, que envolve, simultaneamente, todas as boas práticas conservacionistas e se adotado corretamente é indispensável para reverter o processo de degradação dos solos e melhorar o desempenho da soja e culturas associadas (EMBRAPA, 2011).

Segundo Vieira (2002), o sistema de manejo de solo de plantio direto é o predominante no cultivo da soja em todo o país. Plantio Direto é a semeadura, na qual a semente é colocada no solo não revolvido (sem prévia aração ou gradagem), usando-se semeadeiras especiais. Uma vez adotado o Plantio Direto, ele não deve ser utilizado intercalado com arado, grade niveladora ou arado. A manutenção de restos de culturas comerciais (ex. trigo, milho) ou adubos verdes (ex. aveia, milheto) na superfície do solo é importantíssimo para o sucesso do plantio direto. A superfície deve ficar totalmente coberta com palha.

O plantio direto é uma técnica de cultivo conservacionista na qual se procura manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por

resíduos vegetais. Essa cobertura tem por finalidade protegê-lo do impacto das gotas de chuva, do escoamento superficial e das erosões hídrica e eólica (FIGURA 17).



Figura 18: Sistema de plantio direto da soja.

Fonte: INTERURAL, 2012.

Segundo Campanhola *et al* (1997) é possível quantificar as externalidades ambientais negativas de acordo com a importância que o bem perdido ou deteriorado tem para o agrossistema. No caso da ocupação do solo para a produção de soja podemos considerar o problema da erosão, onde seu custo seria dado pelo valor dos nutrientes contidos no solo que foi perdido, ou, em outros casos mais graves onde a área torna-se inapta para a agricultura, o custo é obtido pelo preço de mercado da área de terra afetada. Entretanto, este tipo de abordagem não mede os danos sobre outros bens e serviços ambientais, como por exemplo, perdas da biodiversidade, e, também, não mede outros efeitos decorrentes do processo erosivo que afetam outras partes do ecossistema, como, por exemplo, a qualidade dos recursos hídricos.

A soja é produzida em um sistema de agricultura moderna industrial, baseado no uso de energia fóssil, insumos industriais, fertilizantes químicos,

agrotóxicos, mecanização, pouca mão-de-obra, variedades geneticamente modificadas de alto potencial produtivo além de muitos outros recursos não renováveis. Ainda, a expansão sem controle da monocultura de soja promoveu o desmatamento da maior parte do ecossistema do Cerrado e agora ameaça a floresta amazônica. Os problemas sociais e ambientais resultantes deste modelo agrícola têm sido amplamente relatados tais como o declínio da fertilidade do solo, intoxicação de pessoas e animais por produtos tóxicos, expulsão de pequenos agricultores de suas terras, contaminação do solo e da água, erosão ou assoreamento dos rios, diminuição da biodiversidade e contribuição para a modificação no clima regional (CAVALETT, 2008).

De acordo com Lonbardi Neto e Drugowich (1994 *apud* CAVALETT, 2008, p. 11) a cultura da soja pode perder até 10 kg de solo para cada kg de soja produzido no sistema convencional.

De acordo com Ortega (2002), as principais modalidades de produção de soja no Brasil são: Agricultura Ecológica (sistema familiar ecológico tradicional); Agricultura Orgânica (empresa moderna de produção orgânica); Agro-químico (sistema agro-químico convencional no uso de maquinaria e insumos industriais) e Agricultura de Herbicida (sistema de plantio direto com uso de herbicida).

5 CONCLUSÕES

Uma vez que a maior parte dos impactos ambientais na agricultura está relacionada ao uso de fertilizantes e mecanização, neste estudo foi apresentado um Inventário do Ciclo de Vida da soja no Paraná, considerando a fase agrícola da cultura. O trabalho alcança seus objetivos, ao proporcionar uma visão mais ampla do ponto de vista dos recursos utilizados na produção da soja, e das emissões provenientes do cultivo da mesma. O inventário apresentado, ainda, possibilita o desenvolvimento de novos estudos com base na metodologia da Análise do Ciclo de Vida.

Durante a fase de plantio o inventário mostra entre os principais macronutrientes utilizados no cultivo da soja, o que exerce efeito mais significativo do ponto de vista de impacto ambiental é o nitrogênio (N), para 80 kg de nitrogênio necessário para a produção de 1 tonelada são emitidos 125,6 kg de dióxido de carbono, além de 1 kg de dióxido de nitrogênio, que tem como características o cheiro forte e irritante, muito tóxico, além de ser um poderoso oxidante que, nas reações na atmosfera pode dar origem ao ácido nítrico, bem como a nitratos orgânicos que contribuem para fenômenos com elevado impacto ambientais, como as chuvas ácidas e a eutrofização de lagos e rios.

O inventário na fase de manejo da cultura considera como entradas no processo o uso dos principais herbicidas e inseticidas, para a produção de 1t de soja na Região do Paraná, além de contabilizar as respectivas emissões, de acordo com o escopo deste ICV, este estudo não considera os aspectos associados à produção dos defensivos agrícolas (pesticidas) e sementes. Em relação aos herbicidas houve uma entrada em torno de 4,6 kg para a área equivalente à produção de 1 t de soja, sendo que 1,66 kg foram emitidos para o solo, 1,84 kg saíram do processo na forma de emissões atmosféricas e 0,874 kg foram consideradas como drenado, a diferença de 0,23 kg é devido à fixação pela cultura.

Para os inseticidas foi realizado o mesmo processo utilizado para os herbicidas, onde se contabilizou que para a área de 0,290 ha relativos à produção de 1 tonelada de grãos foram utilizados 0,949 kg de ingrediente ativo, desse total 0,902 kg foram considerados na forma de *outputs* no inventário, 0,342 kg para o

solo, 0,379 para o ar e 0,180 kg foram drenados, sendo que a diferença entre entrada e saída se deve à absorção pela cultura.

No inventário realizado para o uso de energia foi considerado o consumo de diesel nas operações mecanizadas do cultivo da soja, desde o momento de dessecação da cobertura verde até a fase de semeadura da cobertura. No presente trabalho foi verificado que para a produção de 1 tonelada de soja foram utilizados 12,22 kg de diesel, situando-se próximo ao valor médio encontrado na literatura. A partir dos fatores de emissão para a queima 1 kg de diesel foi possível encontrar as emissões provenientes da queima de diesel.

Na análise conjunta dos dados apresentados no inventário das operações mecanizadas, o maior resultado de emissão foi encontrado para o CO₂, apontando que para as condições da safra 2010/2011 no Paraná a produção de 1 tonelada de soja gerou a emissão equivalente a 39 kg de dióxido de carbono na atmosfera. Com base nos valores encontrados a produção de 1 tonelada de soja emite no mínimo 164 kg de CO₂, em que a fase de maior emissão seria a de plantio devido à necessidade de nitrogênio. No entanto, o valor de emissão de CO₂ não é considerado significativo, do ponto de vista ambiental, uma vez que o potencial de sequestro de carbono verificado no estudo pela cultura da soja é de 2.445 kg.

O efeito da maior concentração de CO₂ na atmosfera é um agravamento do efeito estufa, ou seja, tende a ocorrer um aumento da temperatura maior do que o normal; um aquecimento global. Em outras palavras, a temperatura global tende a subir, podendo trazer graves consequências para a humanidade.

Embora o estudo do inventário do ciclo de vida da soja não contemple o impacto na qualidade do solo, verifica-se que o mesmo sofre grande impacto seja na sua ocupação e transformação, como no que tange à emissão pelo uso de defensivos agrícolas. Os resultados mostram que a produção agrícola da soja utiliza uma grande quantidade de recursos, e com base na literatura utilizada verifica-se que a etapa agrícola da soja requer uma grande atenção por parte dos formuladores de políticas públicas.

Como propostas para trabalhos futuros, pode-se realizar uma análise semelhante a apresentada, para outras fases do ciclo da soja na região paranaense (fase de transporte, processo de esmagamento e refino do óleo de soja) e análise do

impacto econômico. Utilizar a mesma abordagem para outras culturas oleaginosas, e comparar os impactos econômicos com a soja.

Também é necessário que em trabalhos futuros seja considerada a análise das emissões para o solo, de maneira a identificar o real impacto da cultura da soja na qualidade do solo paranaense, com o propósito de compreender que o solo como recurso natural deve ser considerado como uma das principais variáveis no processo de obtenção da matéria-prima mais utilizada na produção de biodiesel. Ainda há a necessidade de um aprofundamento da análise em relação ao uso da água na cultura, bem como dos efeitos do cultivo da soja na qualidade do potencial hídrico do Paraná.

REFERÊNCIAS

ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Estatísticas**. Disponível em: <http://www.abiove.com.br/estatistica_br_0910.html>. Acesso em: 07 jun. 2011.

ABNT, NBR 10004. **Resíduos sólidos: classificação**. ABNT. Rio de Janeiro - RJ, 2004.

ABRASEM - Associação Brasileira de Sementes e Muda. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/index/pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2011.

AGROBAYTE – **Soja**. Disponível em: <<http://www.agrobyte.com.br/soja.htm>>. Acesso em 04 de jun. 2011.

ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal: **Levantamento de embalagens no Brasil, 1995/2005, dados do levantamento do destino das embalagens por estado, por unidade e peso, levantamento do destino das embalagens e sua devolução pelos principais estados**. Disponível em: <<http://andef.com.br>>. Acesso em: 09 set. 2010.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e biocombustíveis. **Produção de biodiesel metros cúbicos**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=472>>. Acesso em: 07 jun. 2011.

_____. **Boletim mensal do biodiesel**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=29050&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1279808348324>>. Acesso em: 07 jun. 2011.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Monografias autorizadas – **Endossulfam**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/af90f080474580548c47dc3fbc4c6735/02++Endossulfam_FINAL.pdf?MOD=AJPERES&useDefaultText=0&useDefaultDes=0>. Acesso em: 17 mar. 2012.

ARAÚJO, A. J; et al. Exposição múltipla a agrotóxicos e efeitos à saúde: estudo transversal em amostra de 102 trabalhadores rurais. Nova Friburgo, RJ. **Ciência & Saúde Coletiva**, vol. 12, n1, 2007.

BARBOSA, M. Z; ASSUMPÇÃO, R. Ocupação territorial da produção e da agroindústria da soja no Brasil, nas décadas de 80 e 90. **Informações Econômicas**, São Paulo, 31(11): 7-16, Nov, 2001.

BATALHA, M. O. Sistemas agroindustriais: definições e correntes metodológicas, In: BATALHA, M. O. et. al, **Gestão Agroindustrial**, São Carlos: Ed. Atlas, 1997. p. 24-48.

BERNARDES, M. A. S. Breve introdução à metodologia Avaliação do Ciclo de Vida. CEFET MG. Belo Horizonte, 2006.

BERTRAND, J; LAURENT, C; LECLERCQ, V. **O mundo da soja**. São Paulo: HUCITEC, 1987.

BIODIESEL. Site da Internet. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br>>. Acesso em: 03 mai. 2010.

BIODIESELBR. **Processo de produção de biodiesel**: Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/processo-producao/biodieselprocessoproducao.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2010.

_____. **Definição**: Disponível em: < <http://www.biodieselbr.com/biodiesel/definicao/o-que-e-biodiesel.htm> >. Acesso em: 15 jun. 2010.

BNDES. **Bioetanol de cana-de-açúcar**: energia para o desenvolvimento sustentável/ organização BNDES e CGEE. – Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

BOCKISCH, M. **Fats and oils handbook**. AOCS PRESS. Edição traduzida e revisada do original trabalho alemão - Nahrungsfette und Ole – 1998.

CAMARGOS, R; R; S. **Avaliação da viabilidade de se produzir biodiesel através da transesterificação de óleo de grãos de café defeituosos**. 2005. 105 f. Dissertação (Mestre) - Curso de Engenharia Química. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

CAMPOS, A, A; CARMÉLIO, E, C. Construir a diversidade da matriz energética: o Biodiesel no Brasil, publicado no livro Biocombustíveis. **Biocombustíveis**: a energia da controvérsia. Abramovay; R. (organizador). São Paulo: Editora Senac. São Paulo. 2009. P. 60 -9.

CANAKCI, M; VAN GERPEN, J. **Biodiesel production via acid catalysis**. Transactions ASAE 42, 1999.

CAVALETT, O. **Análise do ciclo de vida da soja**. 2008. 221 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 2008.

CERBIO. **Diversas informações**. 2007. Disponível em: <<http://www.tecpar.br/cerbio>>. Acesso em: 13 jun. 2011.

CHEHEBE, J. R. B. **Análise do ciclo de vida de produtos** - Ferramenta gerencial da ISO 14.000. Rio de Janeiro: Qualitymark. 1998.

COLTRO, L. **Avaliação do ciclo de vida como instrumento de gestão**. Campinas, CETEA/ITAL, 2007. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/42837176/ACV-Como-to-de-Gestao-CETEA>>. Acesso em: 13 jun. 2011.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas**. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/conteúdos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 05 fev. 2011.

EHLERS, E. M. **O que se entende por agricultura sustentável?** 1994. 161 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo.

EMBRAPA SOJA - **Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil 2011**- Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 247p. (Sistemas de Produção Embrapa Soja) ISSN 2176-2902 nº 14.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. BEN 2010 - **Balanco energético nacional 2010**. Resultados Preliminares do BEN 2010. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados_Pre_BEN_2010.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2011.

_____. BEN 2009 - **Balanco energético nacional 2009**. Disponível em:<https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2009.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2011.

_____. BEN 2010 - **Balanco energético nacional 2010**. Resultados Preliminares do BEN 2010. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados_Pre_BEN_2010.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2010.

_____. **PDE 2010-2019 em consulta pública**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>>. Acesso em: 09 jan. 2010.

FARINA, E. Q. M; ZYLBERSZTAJN, D. Relações tecnológicas e organização dos mercados do sistema agroindustrial de alimentos. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 8, n. 1/3, p.10-11, 1991.

FERREIRA, J. V. R. **Avaliação de Ciclo de vida do Produto**. Instituto Politécnico de Viseu. Doutor em Engenharia do Ambiente FCT/UNL. Coordenador da Escola Superior de Tecnologia de Viseu, Campus Politécnico de Repeses (ESTV/IPV). São Paulo, SP: [s.n.], 2004.

FINK, P. **The roots of LCA in Switzerland**: Continuous Learning by Doing. Int. J. LCA, vol. 2 (3) 131-134. Landsberg, Germany: Ecomed, 1997.

GAZZONI, D. L. Políticas Públicas de Biocombustíveis e o mercado de Oleaginosas, 2008.

GELDER, J. W; DROS, J. M. **From rainforest to chicken breast: Effects of soybean cultivation for animal feed on people and nature in the Amazon region, a chain of custody study**. Research report for the Dutch Soy Coalition commissioned by Friends of the Earth Netherlands and Cordaid, 2005. Disponível em: <www.milieudefensie.nl/landbouw/publicaties/rapporten/From%20Rainforest%20to%20Chickenbreast.pdf>. Acesso em: 21 set. 2010.

GERIS, R; SANTOS, N; AMARAL, B; MAIA, I; CASTRO, V; C, **Reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica**. Química Nova, Salvador – BA, vol. 30, Nº05. 1369-1373, 2007.

GIANNETTI, B. F. **Ecologia industrial: conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

GREMAUD, A. P; VASCONCELLOS, M. A. S; TONETO, J. R. **Economia brasileira contemporânea**. 7ª. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

HOLANDA, A. Biodiesel e inclusão Social. **Série cadernos de altos estudos**, n.1. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2004. 200p. Disponível em: < <http://apache.camara.gov.br/portal/arquivos/Camara> >. Acesso em: 20 jun. 2010.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES. I. C. **Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001.

HUNT, R; FRANKLIN, E. LCA - How it came about. **Personal reflections on the origin and the development of LCA in the USA**. Int. J. LCA, vol. 1 (1) 4-7. Landsberg, Germany: Ecomed, 1996.

INTERURAL. **Plantio direto**. Disponível em: < <http://www.interural.com/interna.php?referencia=revistas&materia=292> > Acesso em: 05 jan. 2012.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change - **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Revised Workbook, v. 2. Agriculture, 1996.

JONGBLOED, A. W; et al. **Environmental and legislative aspects of pig production in the Netherlands, France and Denmark**. Livestock Production Science 58: 243-249, 1999.

KLÖPFFER W. **Life Cycle Assessment as Part of Sustainability Assessment for Chemicals, Environ Sci & Pollut Res**. v. 12, n.3, 2005.

KNOTHE, G; GERPEN, J. V; KRAHL, J; RAMOS, L. P. **Manual do biodiesel**, tradução Luiz Pereira Ramos, São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

LAURINDO, J. C. **Combustíveis alternativos no Tecpar e UFPR**, 2003. Disponível em: <<http://www.iapar.br>> Acesso em: 15 jul. 2011.

LARINI, Lourival. **Toxicologia dos praguicidas**. São Paulo: Manole, 1999.

LAZZARINI, S. G.; NUNES, R. **Competitividade do sistema agroindustrial da soja**. São Paulo: PENSA/USP, 2000.

LAZZAROTTO, J. J; HIRAKURI, M. H. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associados com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. Documentos, nº 319, 2009. Disponível em: < http://www.cnpso.embrapa.br/download/DoC_319.pdf >. Acesso em: 17 jul. 2010.

LEWIS K.A.; NEWBOLD M.J.; TZILIVAKIS J. - **Developing an emissions inventory from farm data**. Journal of Environmental Management, Vol. 55, Nº 3, Mar. 1999, pp. 183-197.

LIMA, U. A., SHMIDELL, W. et al. **Biotecnologia industrial**. 3 vol. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2001.

LOVATELLI, C. Agroenergia: uma opção estratégica para o Brasil. **Revista de Política Agrícola**, ano XIV, nº 4, Out./Nov/Dez. 2005. p. 15.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Soja**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/paginainicial/vegetal/culturas/soja>> Acesso em: 05 fev. 2011.

_____. **Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>> Acesso em: 05 fev. 2011.

MARZULLO, R. C. M. **Análise de ecoeficiência dos óleos vegetais oriundos da soja e palma, visando a produção de biodiesel**. 2007. 302 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MATOS, A. T. **Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2005. 34p.

MAY, P., LUSTOSA, M., VINHA, V. (Organizadores). **Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

MELLO, C.A. **Estimativa da área necessária na produção da soja objetivando a sustentabilidade energética utilizando o biodiesel**. Artigo publicado nos anais do II Congresso de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, realizado pela Universidade Federal de Lavras. Varginha. Minas Gerais, 2005.

MELNIKOV, N. N. **Chemistry of pesticides**. Springer: New York, 1971.

MENDES, René (Org.). **Patologia do trabalho**. Rio de Janeiro: Atheneu, 1997.

MENDONÇA, S. J. **Síntese e caracterização de éteres de glicerina como aditivos oxigenados para o diesel**. Disponível em: <http://www.tedebc.ufma.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=499> Acesso em: 17 fev. 2011.

MIRANDA, P. V. **Manual de destinação final de embalagens vazias de produtos fitossanitários**. Projeto piloto embalagens. ANDEF, AEASP, São Paulo, 1998.

MME - **Ministério de Minas e Energias**. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/spe/menu/publicacoes.html>> Acesso em: 03 dez. 2010.

NEMECEK,T; ERZINGER,S. - **Modelling Representative Life Cycle Inventories for Swiss Arable Crops** - Int J LCA 10 (1) 1 – 9 (2005).

OFEFP - Office Fédéral de L'environnement, des Forêts et du Paysage. Bilan Écologique des Matériaux D'emballage. **Cahiers de l'environnement**, 24. Berne, 1984.

ORTEGA, E - **A Soja No Brasil: Modelos de produção, custos, lucros, externalidades, sustentabilidade e políticas públicas**. – Fea, Unicamp 2002 – Disponível em <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/ae-soja080903.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2010

PADUA, F. T; ALMEIDA, J. C. C. A; SILVA, T. O; ROCHA, N. S; NEPOMUCENO, D. D. **Produção de matéria seca e composição químico-bromatológica do feno de três leguminosas forrageiras tropicais em dois sistemas de cultivo** - Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.4, p.1253-1257, jul-ago, 2006.

PARENTE, Expedito José de Sá. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: EUFC, 2004. Disponível em: <<http://www.xitizap.com/Livro-Biodiesel.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2010.

PENGUE, W. **Producción agroexportadora e (in)seguridad alimentaria: El caso de la soja en Argentina**. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica 1: 46-55, 2004.

PRATA, F.; LAVORENTI, A. **Comportamento de herbicidas no solo: influência da matéria orgânica**. Revista Biociência, v.6, n.2, 2000. p.17-22.

PRATES, C. P. T; PIEROBON, E. C; COSTA, R. C. **Formação do mercado de biodiesel no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, nº 25, p. 39 – 64, mar. 2007.

PROCÓPIO, S; SANTOS, J. B; PIRES, F. R; SILVA, A. A. e MENDONÇA, E. S. **Absorção e Utilização do Fósforo pelas Culturas da Soja e do Feijão e por Plantas Daninhas** - Revista Bras. Ciência do Solo, 29:911-921, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n6/28960.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2010.

RBCA – Rede Brasileira contra os Agrotóxicos. **Endosulfan**. Disponível em: http://www.abaagroecologia.org.br/RBCA/index.php?option=com_content&view=article&id=59:endossulfan&catid=1:latestnews&Itemid=50. Acesso em: 17 mar. 2012.

RIBEIRO, P. C., **Biodiesel e a inclusão social**, Consultoria Legislativa, Câmara dos Deputados, Brasília, 2004.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**, 5. ed. Londrina, PR, 2005.

SEIBEL, F. **Combustível x Combustível**. Revista Exame, 892. ed. Ano 41, nº 8, 09 mai. 2007.

SHARMA, Y. C., SINGH, B. **Development of biodiesel from karanja, a tree found in rural India.** Fuel, v. 87 n° 8 e 9, p. 1740–1742, 2008.

STEWART, J. R; COLLINS, M. W; ANDERSON, R; MURPHY, W. R. (1999). Life cycle assessment as a tool for environmental management. **Clean products and processes.** 1999, pg. 73–81.

UEL - Universidade Estadual de Londrina. **Apresentação.** Disponível em: <<http://www.uel.br/pos/bioenergia/?content=apresentacao.htm>>. Acesso em: 11 marc. 2011.

VECCHIO, E. D. **Implantação de usinas de biodiesel: necessidades de investimento.** BNDES: seminário. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndespt/Galerias/Arquivosconhecimento/seminario/BiodieselDEDINI.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

VIEIRA, N. M.- **Caracterização da cadeia produtiva da soja em Goiás** – Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2002. Disponível em <http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/9388.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2011.

WASSELL, JR. C. S; DITTMER, T. P. **Are subsidies for biodiesel economically efficient?** Energy Policy, v. 34, issue 18, December 2006, pg. 3993-4001.

WEHRMANN, M. E. S. de F. **A soja no Cerrado de Roraima: um estudo da penetração da agricultura moderna em regiões de fronteira.** Tese (Doutorado em Sociologia). Departamento de Sociologia, Universidade de Brasília. 1999.

ANEXOS

ANEXO A – Herbicidas Usados na Cultura da Soja.

Tabela 9.2. Alternativas para o controle químico* de plantas daninhas na cultura da soja. Comissão de Plantas Daninhas da Região Central do Brasil, 2010.

Nome comum	Nome comercial ¹	Concentração (g/L ou g/kg)	Dose ²		Aplicação ³	Classe toxicológica ⁴	Observações
			I.a. ³ kg/ha	Comercial kg ou L/ha			
Acifluorfen-sódio ⁵	Blazer Sol	170	0,17 a 0,255	1,0 a 1,5	PÓS	I	Para pressão superior a 60 lib/pol ² utilizar bloco cônico. Não aplicar com baixa umidade relativa do ar.
	Tacklé 170	170	0,17 a 0,255	1,0 a 1,5	PÓS	I	
Alachlor	Lapç	480	2,4 a 3,36	5,0 a 7,0	PRÉ	I	Pouco eficaz em condições de alta infestação de capim mameleira. Aplicar em solo úmido bem preparado. No sistema convencional, se não chover, incorporar superficialmente
Bentazon	Basagran 600	600	0,72	1,2	PÓS	II	Aplicar com plantas daninhas no estágio 2-6 folhas conforme a espécie. Para carrapicho ras-teiro, utilizar 2,0 L/ha com óleo mineral emulsionável. Intervalo de segurança - 90 dias.
Bentazon + Acifluorfen-sódio	Volt	400 + 170	480 + 204	1,2	PÓS	I	Aplicar com a soja no estágio de 3 ^a folha trifoliada e as plantas daninhas com 2 a 4 folhas, conforme a espécie. Pode-se utilizar aplicações terrestres, com volume de aplicação de até 100 L/ha de calda, utilizando-se blocos e tecnologia específicos.
	Classic	250	0,015 a 0,02	0,06 a 0,08	PÓS	III	
Clethodim ⁶	Select 240	240	0,084 a 0,108	0,35 a 0,45	PÓS	III	Aplicar com as gramíneas no estágio de 2 a 4 perfilhos ou 21 a 40 dias após a semeadura, utilizar adjuvante Lanza 0,5% v/v (aplicações terrestres) e 1% v/v (aplicações aéreas).
Clorazone	Gamit	500	0,8 a 1,0	1,6 a 2,0	PRÉ	II	Observar intervalo mínimo de 150 dias entre a aplicação do produto e a semeadura da cultura de inverno. Cruzamento de barra pode provocar fitotoxicidade. Para as espécies <i>Brachiaria</i> spp. e <i>Sida</i> spp., utilizar a dose mais elevada.
Cloransulam-methyl	Pacto	840	0,04	0,047	PÓS	III	Utilizar Agral 0,2% v/v.
Cyanazine	Bladex 500	500	1,25 a 1,5	2,5 a 3,0	PRÉ	II	Para controle de plantas daninhas de folha larga. Não utilizar em solos com menos de 40% de argila e/ou com matéria orgânica inferior a 2%. Pode ser utilizado em pré-emergência ou incorporado.

Continua...

Tabela 9.2. Continuação...

Nome comum	Nome comercial ¹	Concentração (g/L ou g/kg)	Dose ²		Aplicação ³	Classe toxicológica ⁴	Observações
			i.a. ³ kg/ha	Comercial kg ou L/ha			
Diclosulam	Spider 840 GRDA	840	0,02 a 0,035	0,024 a 0,0420	PPI	II	Não plantar no outono (safreína) milho e sorgo não recomendados pelo fabricante; brassicas e girassol somente após 18 meses.
Dimetienamida	Zeta 900	900	1,125	1,25	PRÉ	I	Por recomendação do fabricante, utilizar somente em solos com CTC até 8 cmol/dm ³ . Eficaz no controle de milho.
Fenoxaprop-p-ethyl + Clothodim ²	Podium S	50 +50	0,04 a 0,05 +0,04 a 0,05	0,8 a 1,0	PÓS	II	Para <i>Brachiaria plantaginea</i> utilizar a dose menor. Para <i>Eleusine indica</i> , utilizar a dose maior. Utilizar óleo mineral na dosagem de 1,0 L/ha.
Fenoxaprop-p-ethyl	Podium	110	0,099 a 0,096	0,625 a 0,875	PÓS	III	Aplicar com gramíneas no estágio de 2 a 4 perfílios, conforme a espécie.
Fiuazifop-p-butyl ⁵	Fusilade 125	125	0,188	1,5	PÓS	II	Aplicar com as gramíneas no estágio de 2 a 4 perfílios, conforme as espécies <i>Digitaria</i> spp. e <i>Echinochloa</i> spp. com até 2 perfílios. Controla culturas voluntárias de aveia e milho.
Fiuazifop-p-butyl + Fomesafen	Fusiflex	125 + 125	0,20 +0,25	1,6 a 2,0	PÓS	I	Aplicar no estágio recomendado para o controle de folhas largas (2 a 4 folhas). Controla culturas voluntárias de aveia e milho. Intervalo de segurança - 95 dias. Para amendoim-bravo (2 a 4 folhas) pode ser utilizado sequencial de 0,8 + 0,8 L/ha com intervalo de 7 dias.
Fiuazifop-p-butyl + Fomesafen	Robust	250 + 200	0,25 +0,20	1,0	PÓS	III	Aplicar no estágio recomendado para o controle de folhas largas (2-4 folhas). Controla milho voluntário. Intervalo segurança 60 dias.
Fumetsulan	Scorpion	120	0,105 a 0,140	0,875 a 1,167	PRÉ	IV	Pode ser utilizado também em sistema de plantio direto.
Fumiclorac-pentyl ⁶	Radiant 100	100	0,06	0,6	PÓS	I	Aplicar em plantas daninhas no estágio de 2 a 4 folhas com a cultura da soja a partir da segunda folha trifoliada. Adicionar 0,2% w/v de Assist.
Fumioxazin	Fumizin 500 Sumisoya	500 500	0,045 a 0,06 0,045 a 0,06	0,09-0,12 0,09-0,12	PRÉ PRE	III III	Aplicar logo após a semeadura, podendo-se estender a aplicação até dois dias da semeadura.

Continua...

Tabela 9.2. Continuação...

Nome comum	Nome comercial ¹	Concentração (g/L ou g/kg)	Dose ²		Aplicação ³	Classe toxicológica ⁴	Observações
			i.a. ³ kg/ha	Comercial kg ou L/ha			
Pendimethalin	Herbadox	500	0,75 a 1,5	1,5 a 3,0	PPI	II	Pouco eficaz em condições de alta infestação de capim-marmelada. No sistema convencional, deve ser incorporado ou utilizado de forma aplique-plante. Na semeadura direta, só na forma apique-plante.
Pendimethalin + Imazaquin	Squadron	240 +30	1,2 +0,150	5,0	PPI	III	
Propequizafop ⁵	Shogum CE	100	0,125	1,25	PÓS	III	Em dose única, aplicar até 4 perfílios. Controla resteva de milho, trigo, aveia, cevada e avevém. Para milho pode ser utilizado dose de 0,7 a 1,0 l/ha comercial com 4 a 8 folhas. Não aplicar em mistura com latifoliciadas.
Quizalofop-p-ethyl	Targa 50 CE	50	0,075 a 0,1	1,5 a 2,0	PÓS	I	Aplicar com as plantas daninhas no estágio de até 4 perfílios. Não há necessidade de adição de surfactante.
Quizalofop-p-teruil	Panther	120	0,072	0,6	PÓS	I	
Sethoxydim ⁵	Poast BASF	184	0,23	1,25	PÓS	II	Aplicar com as gramíneas no estágio de 2 a 4 perfílios, conforme as espécies.
Sulfentrazone	Boral 500 SC	500	0,60	1,2	PRÉ	IV	Aplicar antes da emergência da cultura e das plantas daninhas, se possível, imediatamente após a semeadura.
Tepraloxdim	Aramo	200	0,075 a 0,100	0,375 a 0,5	PÓS	I	Utilizar o adjuvante Dash na dose de 0,5% v/v.
Trifluralin	Vários	445 480	0,53 a 1,07 0,72 a 0,96	1,2 a 2,4 1,5 a 2,0	PPI PPI	II	Para o controle de gramíneas, incorporar 5 a 7 cm de profundidade até 8 horas após aplicação. Não aplicar com solo úmido.
Trifluralin	Primerlin 600 CE	600	1,8 a 2,4	3,0 a 4,0	PRÉ	II	No sistema convencional, se não chover 5 a 7 dias depois da aplicação, proceder a incorporação superficial.

Continua...

Tabela 9.2. Continuação...

- ¹ A escolha do produto deve ser feita de acordo com cada situação. É importante conhecer as especificações dos produtos escolhidos.
- ² A escolha da dose depende da espécie e do tamanho das invasoras para os herbicidas de pós-emergência e da textura do solo para os de pré-emergência. Para solos arenosos e de baixo teor de matéria orgânica, utilizar doses menores. As doses maiores são utilizadas em solos pesados e com alto teor de matéria orgânica.
- ³ PPI = pré-plantio incorporado; PRÉ = pré-emergência; PÓS = pós-emergência; PÓSI = pós emergência inicial; i.a. = ingrediente ativo.
- ⁴ Classe toxicológica: I = extremamente tóxico (DL₅₀ oral = até 50); II = altamente tóxico (DL₅₀ oral = 50-500); III = medianamente tóxico (DL₅₀ oral = 500-5000); IV = pouco tóxico (DL₅₀ oral = > 5000 mg/kg).
- ⁵ Juntar adjuvante recomendado pelo fabricante. No caso de Blazer e Tackle a 170 g/L, dispensa o uso de adjuvante, mantendo-se a dose por hectare.
- * Antes de emitir recomendação e/ou receituário agrônomo, consultar relação de defensivos registrados no Ministério da Agricultura e cadastrados na Secretaria de Agricultura do estado (onde houver legislação pertinente).
- Obs.:** Aplicar herbicidas PRÉ logo após a última gradagem, com o solo em boas condições de umidade. Não aplicar herbicidas PÓS durante períodos de seca, em que as plantas estejam em déficit hídrico.

ANEXO B – Principais Pragas da Cultura da Soja.

Tabela 10.1. Insetos-pragas da soja e parte da planta que atacam.

Nome científico	Nome comum	Parte da planta atacada	Observações
.....Principais.....			
<i>Anticarsia gemmatilis</i>	Lagarta-da-soja	Fo	
<i>Pseudoplusia includens</i>	Falsa-medideira	Fo	
<i>Euschistus heros</i>	Percevejo marrom	Va, Se	
<i>Piezodorus guildinii</i>	Percevejo verde pequeno	Va, Se	
<i>Nezara viridula</i>	Percevejo verde	Va, Se	
.....Regionalmente importantes.....			
<i>Stemechus subsignatus</i>	Tamanduá-da-soja	Ha	Tem alto potencial de dano
<i>Scaptocoris castanea</i> , <i>S. carvalhoi</i> e <i>S. buckupi</i>	Percevejos-castanhos-da-raiz	Ra	Importantes na região do cerrado. Têm alto potencial de dano
<i>Phyllophaga cuyabana</i> , <i>Liogenys</i> spp. e <i>Plectris pexa</i>	Corós	Ra	
..... Secundárias.....			
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	Broca-do-colo	Ha	Importante se ocorrer período seco na fase inicial da cultura
<i>Chalcodermus</i> sp.	Bicudinho	Fo	
<i>Colaspis</i> sp.	Vaquinha	Fo	
<i>Megascelis</i> sp.	Vaquinha	Fo	
<i>Diabrotica speciosa</i>	Patriota	Fo(A), Ra(L)	Mais comum após milho "safrinha"
<i>Cerotoma arcuata</i>	Vaquinha	Fo, Va(A), No(L)	
<i>Diphaulaca viridipennis</i>	Vaquinha azul	Fo	

Continua...

Tabela 10.1. Continuação...

Nome científico	Nome comum	Parte da planta atacada	Observações
..... Secundárias			
<i>Aracanthus mourei</i>	Torrãozinho	Co, Fo, Pe	Ocorre no início do desenvolvimento da soja
<i>Spodoptera cosmioides</i> , <i>S. eridania</i> , <i>S. albula</i>	Lagartas-das-vagens	Fo, Va	Insetos com importância crescente
<i>Heliothis virescens</i>	Lagarta da maçã do algodoeiro	Va, Fo	
<i>Maruca vitrata</i>	Lagarta maruca	Va	
<i>Etiella zinckenella</i>	Broca das vagens	Va	
<i>Dichelops melacanthus</i> , <i>D. furcatus</i>	Barriga verde	Va, Se	
<i>Edessa medetabunda</i>	Percevejo edessa	Va, Se	
<i>Thyanta perditor</i>	Percevejo faixa-vermelha	Va, Se	
<i>Chinavia</i> spp.	Percevejo acrosterno	Va, Se	
<i>Crociosema aporema</i>	Broca-das-axilas	Fo, Br, Va	Importância em áreas restritas
<i>Bemisia tabaci</i> Biotipo B	Mosca branca	Fo	Tem alto potencial de dano
<i>Caliothrips braziliensis</i> e <i>Frankliniella schultzei</i>	Trips	Fj	Vetores de vírus da "queima do broto"; ocorrem em áreas restritas
<i>Ceresa brunnicornis</i> , <i>C. fasciatiflorax</i>	Búfalo da soja	Pl, Pe	Ocorrem em áreas restritas

Continua...

Tabela 10.1. Continuação...

Nome científico	Nome comum	Parte da planta atacada	Observações
..... Secundárias.....			
	Piolho-de-cobra	Pl, Se, Co	Importante em sementeira direta
	Caracóis e lesmas	Pl, Co, Fj	Importantes em sementeira direta
<i>Dysmicoccus</i> sp. e <i>Pseudococcus</i> sp.	Cochonilhas-da-raiz	Ra	Importantes em sementeira direta
<i>Omiodes indicata</i>	Lagarta-enroladeira	Fo	Pode ocorrer no período reprodutivo e causar pequena desfolha
<i>Mononychellus planki</i>	Ácaro verde	Fo	Causa clorose e queda das folhas
<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	Ácaro branco	Fo, Pe	Causa bronzeamento das folhas e pecíolos
<i>Tetranychus urticae</i>	Ácaro rajado	Fo	Causa clorose e queda das folhas
<i>Tetranychus gigas</i> ; <i>T. ludeni</i> , <i>T. desertorum</i>	Ácaro vermelho	Fo	Causa clorose e queda das folhas

Br = brotos; Co = cotilédones; Fj = folhas jovens; Fo = folhas; Ha = hastes; No = nódulos; Pe = pecíolos; Pl = plântulas; Pp = plantas pequenas; Ra = raízes; Se = sementes; Va = vagens.

(A) = adulto, (L) = larva.

ANEXO C – Inseticidas Usados na Cultura da Soja.

Tabela 10.3. Inseticidas indicados* para o controle de *Anticarsia gemmatilis* (lagarta-da-soja), para a safra 2010/2011. Comissão de Entomologia da XXXI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. Brasília, DF. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2010.

Nome técnico	Dose (g i.a./ha)	Nome comercial	Formulação	Concentração (g i.a./kg ou l)	Dose produto comercial (kg ou l/ha)	Classe toxicológica ³	Nº registro MAPA
Alfa-cipermetrina + teflubenzurom	9 + 9	Imunit SC 150	SC	75 + 75	0,120	III	8806
<i>Baculovirus anticarsia</i> ¹	50		LE ²				
<i>Bacillus thuringiensis</i>	–	Dipel	WP	16 x 10 ⁸ U.I.	0,500	IV	008589
	–	Thuricide	WP	16 x 10 ⁸ U.I.	0,500	IV	016084-90
Beta-ciflutrina	2,5	Bulldock 125 SC	SC	125	0,020	II	001192-00
Beta-cipermetrina	6	Akito	EC	100	0,060	II	01703
Carbaryl	192	Sevin 480 SC	SC	480	0,400	III	009186-00
	192	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	480	0,400	III	026183-88
Chlorantraniliprole	4	Premio	SC	200	0,010	III	9109
Clorfluazurom	5	Atabron 50 EC	EC	50	0,100	I	006894
Clorpirifós	120	Lorsban 480 BR	EC	480	0,250	II	022985
Diflubenzurom	7,5	Dimilin	WP	250	0,030	IV	018485-91
Etofenproxi	12	Trebon 300 EC	EC	300	0,040	III	000695
Endossulfam ⁴	87,5	Thiodan EC	EC	350	0,250	II	010487
Flubendiamida	9,6	Belt	SC	480	0,020 a 0,025	III	2509
Lufenurom	7,5	Match EC	EC	50	0,150	IV	009195
Metoxifenozida	21,6	Intrepid 240 SC	SC	240	0,090	IV	006999
		Valient	SC	240	0,090	IV	01999
Novalurom	5	Rimon 100 EC	EC	100	0,050	IV	03900
Permetrina SC	12,5	Tifon 250 SC	SC	250	0,050	III	009189

Continua...

Tabela 10.3. Continuação...

Nome técnico	Dose (g i.a./ha)	Nome comercial	Formu- lação	Concentração (g i. a./kg ou l)	Dose produto comercial (kg ou l/ha)	Classe toxico- lógica ³	Nº registro MAPA
Profenofós ⁵	80	Curacron 500	EC	500	0,160	II	008686-88
Tebufenozida	30	Mimic 240 SC	SC	240	0,125	IV	007796
Teflubenzurom	7,5	Nomolt 150 SC	SC	150	0,050	IV	001393
Tiodicarbe	56	Larvin 800 WG	WG	800	0,070	II	04099
Triclorfon	400	Triclorfon 500 Milenia	SL	500	0,800	II	004985-89
Triflumuro	15	Alsystin 250 WP	WP	250	0,060	IV	000792-99
	14,4	Alsystin 480 SC	SC	480	0,030	IV	03899
	14,4	Certero	SC	480	0,030	IV	04899
	14,4	Libre	SC	480	0,030	IV	05399

¹ Produto preferencial. Para maiores esclarecimentos sobre seu uso, consultar o Folder nº 02/2001, da Embrapa Soja.

² Lagartas-equivalentes (igual a 50 lagartas mortas por *Baculovirus*).

³ I = extremamente tóxico (DL₅₀ oral = até 50); II = altamente tóxico (DL₅₀ Oral = 50-500); III = medianamente tóxico (DL₅₀ Oral = 500-5000); IV = pouco tóxico (DL₅₀ Oral = > 5000 mg/kg).

⁴ Este produto pode ser utilizado em dose reduzida 35g i.a./ha) misturado com *Baculovirus*, quando a população de lagartas grandes for superior a 10 e inferior a 40 lagartas/pano de batida.

⁵ Este produto pode ser utilizado em dose reduzida (30g i.a./ha) misturado com *Baculovirus*, quando a população de lagartas grandes for superior a 10 e inferior a 40 lagartas/pano de batida.

* Antes de emitir indicação e/ou receituário agrônômico, consultar relação de defensivos registrados no MAPA e cadastrados na Secretaria da Agricultura do estado.

Tabela 10.4. Inseticidas indicados* para o controle do percevejo verde (*Nezara viridula*), para a safra 2010/11. Comissão de Entomologia da XXXI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, Brasília, DF. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2010.**

Nome técnico	Dose (g i.a./ha)	Nome comercial	Formulação	Concentração (g i.a./kg ou l)	Dose produto comercial (kg ou l/ha)	Classe toxicológica ¹	Nº registro MAPA
Acefato	225	Orthene 750 BR	WP	750	0,300	IV	02788394
Endossulfam	437,5	Thiodan EC	EC	350	1,250	II	010487
Endossulfam SC	500	Endozol	SC	500	1,000	II	013488
Fenitrotiona	500	Sumithion 500 EC	EC	500	1,000	III	5183
Imidacloprido + beta-ciflutrina	75 + 9,375	Connect	SC	100 + 12,5	0,750	II	04804
Metamidofós	300	Tamaron BR	SL	600	0,500	II	4983
	300	Hamidop 600	SL	600	0,500	I	035082
	300	Metafós	SL	600	0,500	II	000989
	300	Faro	SL	600	0,500	II	01296
Tiametoxam + lambda-cialotrina	21,2 + 15,9	Engeo Pleno	SC	141 + 106	0,150	III	06105
Triclorfon	800	Triclorfon 500 Milenia	SL	500	1,600	II	004985-89

¹ I = extremamente tóxico (DL₅₀ oral = até 50); II = altamente tóxico (DL₅₀ Oral = 50-500); III = medianamente tóxico (DL₅₀ Oral = 500-5000); IV = pouco tóxico (DL₅₀ Oral = > 5000 mg/kg).

* Antes de emitir indicação e/ou receituário agrônomo, consultar relação de defensivos registrados no MAPA e cadastrados na Secretaria da Agricultura do estado.

** Para o controle do percevejo verde poderão ser utilizados os inseticidas indicados em doses reduzidas pela metade e misturadas com 0,5% de sal de cozinha refinado (500 g sal/100 l de água) em aplicação terrestre. Recomenda-se lavar bem o equipamento com detergente comum ou óleo mineral, após o uso, para diminuir o problema da corrosão pelo sal.

Tabela 10.5. Inseticidas indicados* para o controle do percevejo verde-pequeno (*Piezodorus guildinii*) , para a safra 2010/11. Comissão de Entomologia da XXXI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, Brasília, DF. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2010.**

Nome técnico	Dose (g i.a./ha)	Nome comercial	Formulação	Concentração (g i.a./kg ou l)	Dose produto comercial (kg ou l/ha)	Classe toxicológica ¹	Nº registro MAPA
Acefato	225	Orthene 750 BR	WP	750	0,300	IV	02788394
Carbaril	800	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	480	1,666	III	26183
	800	Sevin 480 SC	SC	480	1,666	II	9186
Endossulfam	437,5	Thiodan EC	EC	350	1,250	II	010487
Endossulfam SC	500	Endozol	SC	500	1,000	II	013488
Metamidofós	300	Tamaron BR	SL	600	0,500	II	4983
	300	Hamidop 600	SL	600	0,500	I	035082
	300	Metafós	SL	600	0,500	II	000989
	300	Faro	SL	600	0,500	II	01296
Tiametoxam + lambda-cialotrina	25,38 + 19	Engeo Pleno	SC	141 + 106	0,180	III	06105
Triclorfon	800	Triclorfon 500 Milenia	SL	500	1,600	II	004985-89

¹ I = extremamente tóxico (DL₅₀ oral = até 50); II = altamente tóxico (DL₅₀ Oral = 50-500); III = medianamente tóxico (DL₅₀ Oral = 500-5000); IV = pouco tóxico (DL₅₀ Oral = > 5000 mg/kg).

* Antes de emitir indicação e/ou receituário agrônômico, consultar relação de defensivos registrados no MAPA e cadastrados na Secretaria da Agricultura do estado.

** Para o controle do percevejo verde-pequeno poderão ser utilizados os inseticidas indicados em doses reduzidas pela metade e misturadas com 0,5% de sal de cozinha refinado (500 g sal/100 l de água) em aplicação terrestre. Recomenda-se lavar bem o equipamento com detergente comum ou óleo mineral, após o uso, para diminuir o problema da corrosão pelo sal.

Tabela 10.6. Inseticidas indicados* para o controle do percevejo marrom (*Euschistus heros*)**, para a safra 2010/11. Comissão de Entomologia da XXI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, Brasília, DF. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2010.

Nome técnico	Dose (g i.a./ha)	Nome comercial	Formulação	Concentração (g i.a./kg ou l)	Dose produto comercial (kg ou l/ha)	Classe toxicológica ¹	Nº registro MAPA
Acefato	225	Orthene 750 BR	WP	750	0,300	IV	02788394
	800	Sevin 480 SC	SC	480	1,666	II	9186
Endossulfam SC	500	Endozol	SC	500	1,000	II	013488
Endossulfam	350	Thiodan EC	EC	350	1,000	II	010487
Fenitroiona + esfenvalerato	280 + 14	Pirephos EC	EC	800 + 40	0,350	II	010598
Imidacloprido + beta-ciflutrina	75 + 9,375	Connect	SC	100 + 12,5	0,750	II	04804
Metamidofós	300	Tamaron BR	SL	600	0,500	II	4983
	300	Hamidop 600	SL	600	0,500	I	035082
	300	Metafós	SL	600	0,500	II	000989
	300	Faro	SL	600	0,500	II	01296
Tiametoxam + lambda-cialotrina	28,2 + 21,2	Engeo Pleno	SC	141 + 106	0,200	III	06105
Triclorfon	800	Triclorfon 500 Milenia	SL	500	1,600	II	004985-89

¹ I = extremamente tóxico (DL₅₀ oral = até 50); II = altamente tóxico (DL₅₀ Oral = 50-500); III = medianamente tóxico (DL₅₀ Oral = 500-5000); IV = pouco tóxico (DL₅₀ Oral = > 5000 mg/kg).

* Antes de emitir indicação e/ou receituário agrônômico, consultar relação de defensivos registrados no MAPA e cadastrados na Secretaria da Agricultura do estado.

** Para o controle do percevejo marrom poderão ser utilizados os inseticidas indicados em doses reduzidas pela metade e misturadas com 0,5% de sal de cozinha refinado (500 g sal/100 l de água) em aplicação terrestre. Recomenda-se lavar bem o equipamento com detergente comum ou óleo mineral, após o uso, para diminuir o problema da corrosão pelo sal.

ANEXO D – Fungicidas Usados na Cultura da Soja.

Tabela 6.2. Fungicidas e respectivas doses, para o tratamento de sementes de soja. XXXI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. Brasília, DF. Agosto/2010.

NOME COMUM • PRODUTO COMERCIAL ²	DOSE/100 KG DE SEMENTE ¹
	Ingrediente ativo (gramas) • Produto comercial (g ou mL)
I. Fungicidas de Contato	
Captan	90 g
• Captan 750 TS	• 120 g
Thiram	70 g (SC) ou 144 g (TS)
• Rhodiauran 500 SC	• 140 mL
• Thiram 480 TS	• 300 mL
Tolyfluanid	50 g
• Euparen M 500 PM	• 100 g
II. Fungicidas Sistêmicos	
Carbendazin	30 g
• Derosal 500 SC	• 60 mL
Carbendazin + Thiram	30 g + 70 g
• Derosal Plus ⁴	• 200 mL
Carbendazin + Thiram	30 g + 70 g
• Protreat ⁴	• 200 mL
Carboxin + Thiram	75 g + 75 g ou 50 + 50 g
• Vitavax + Thiram PM ⁴	• 200 g
• Vitavax + Thiram 200 SC ^{3,4}	• 250 mL
Difenoconazole	5 g
• Spectro	• 33 mL
Fludioxonil + Metalaxyl – M	2,5 g + 1,0 g
• Maxim XL ⁴	• 100 mL
Piraclostrobina + Tiofanato metílico + Fipronil ⁵	5 g + 45 g + 50 g
• Standak Top	• 200 mL
Thiabendazole	17 g
• Tecto 100 (PM e SC)	• 170 g ou 31 mL
Thiabendazole + Thiram	17 g + 70 g
• Tegram ⁴	• 200 mL
Tiofanato metílico	70 g
• Cercobin 700 PM	• 100 g
• Cercobin 500 SC	• 140 mL
• Topsin 500 SC	• 140 mL

¹As doses dos produtos isolados são aquelas para a aplicação sequencial (fungicida de contato e sistêmico). Caso contrário utilizar a dose do rótulo.

²Poderão ser utilizadas outras marcas comerciais, desde que sejam mantidos a dose do ingrediente ativo e o tipo de formulação.

³Fazer o tratamento com pré-diluição, na proporção de 250 mL do produto + 250 mL de água para 100 kg de semente.

⁴Misturas formuladas comercialmente e registradas no MAPA/DDIV/SDA.

⁵Recomendação durante a XXXI RPSRCB, Brasília, DF. 2010.

CUIDADOS: devem ser tomadas precauções na manipulação dos fungicidas, seguindo as orientações da bula dos produtos.